

Mikko Pitkänen

ALUELÄMPÖLAITOS

ALUELÄMPÖLAITOS

Mikko Pitkänen
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma, suunnittelu

Tekijä: Mikko Pitkänen

Opinnäytetyön nimi: Lämpölaite ja jäähdytysjärjestelmä

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: Kevät 2015

Sivumäärä: 45 + 17

Työssä suunniteltiin keskitetty aluelämpölaite kuudelle käyttötavaltaan erityyppiselle rakennukselle ja huomioitiin varaukset tulevia rakennuksia varten. Rakennukset on rakennettu vuosien 1966–2007 aikana Kemiin Takajärven alueelle. Tavoitteena oli kehittää Siikajärventie 35:ssä sijaitsevien rakennusten lämmitystä, sillä rakennukset ovat kunnostuksen tarpeessa. Aluelämpölaite myös mahdollistaa energia-alan yritystoiminnan kohteessa. Tilaajana on Lapin Puhallusvilla Ky, joka toimii Siikajärventie 27:ssä.

LVI-suunnitelmien vaatimat laskelmat tehtiin Excel-ohjelmalla. Suunnitteluperustana olivat Suomen rakentamismääräyskokoelmat sekä Energiateollisuus Ry:n määräykset ja ohjeet. Suunnitelmissa lämpökeskus ja lämmönjakokeskukset mitoitettiin kohteisiin, mutta ne valittiin valmiina paketteina laitetuottajilta.

Tutkimuksessa saatiin selville, että järjestelmä pystyisi maksamaan itsenäisesti takaisin kymmenessä vuodessa kohtuullisella energian hinnalla. Investointikustannuksiksi muodostui noin 107 000 €. Tämän lisäksi aluelämpökeskuksella on vuotuisia kuluja, jotka tulevat järjestelmän ylläpitämisestä. Kymmenen vuoden jälkeen aluelämpölaite tuottaisi voittoa kohtuullisesti Oulun Energian kaukolämpöhintoja halvemmalla energian hinnalla, mutta yksistään tässä mittakaavassa se ei takaisi isoa voittoa. Jatkoa ajatellen järjestelmä olisi kuitenkin mielekästä toteuttaa, kun lämmitysjärjestelmät uusitaan osaan rakennuksista lähitulevaisuudessa.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 RAKENNUSKANTA	7
2.1 Siikajärventie 27	7
2.2 Siikajärventie 35	8
2.2.1 Omakotitalo	8
2.2.2 Piharakennus	8
2.2.3 Autotalli	9
2.3 Siikajärventie 43	9
2.3.1 Omakotitalo	9
2.3.2 Autotalli	10
3 LÄMMITYS	11
3.1 Lämpöhäviöt	11
3.1.1 Siikajärventie 27	14
3.1.2 Siikajärventie 35	15
3.1.3 Siikajärventie 42	16
3.2 Lämpimän käyttöveden tarve	17
3.2.1 Siikajärventie 27	18
3.2.2 Siikajärventie 35	18
3.2.3 Siikajärventie 42	19
3.3 Siikajärventie varaukset	19
3.4 Verkoston mitoitus	19
3.5 Lämpökeskus	23
3.6 Uudet lämmönjakokeskukset	25
4 JÄÄHDYTYS	28
5 ENERGIAYHTIÖN PERUSTAMINEN	35
5.1 Yhtiömuoto	35
5.1.1 Yhtiön perustaminen	35
5.1.2 Yhtiön rekisteröinti kaupparekisteriin	35

5.1.3	Päätöksenteko	36
5.2	Verotus	36
5.3	Yhtiön omaisuus	37
5.4	Investointikustannukset lämmitysjärjestelmälle	37
5.4.1	Maarakennuskustannukset	37
5.4.2	Materiaalikustannukset	39
5.4.3	Putki- ja liitostyökustannukset	41
5.5	Lämpöyhtiön kannattavuus	41
6	YHTEENVETO	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	46

1 JOHDANTO

Huhtikuussa 2009 EU:n ilmasto- ja energiapolitiikasta annettiin lainsäädäntö. Siinä annettiin tavoitteeksi vuoteen 2020 mennessä tuottaa 20 prosenttia energiankulutustarpeesta uusiutuvilla energialähteillä, vähentää kasvihuonekaasuja 20 prosenttia ja lisätä samalla energiatehokkuutta 20 prosenttia. Suomessa tavoitteeksi otettiin tuottaa 38 prosenttia energiantarpeesta uusiutuvalla energialla vuoteen 2020 mennessä. Opinnäytetyön kohteessa on tarkoituksena pyrkiä tähän energiansäästöavoitteeseen suunnittelemalla järjestelmä toimimaan uusiutuvalla energialla.

Opinnäytetyössä suunnitellaan aluelämpölaitos Kemissä sijaitsevaan pihapiiriin, sekä jäähdytysjärjestelmä yksittäiseen rakennukseen. Työn tilaajana toimii Lapin Puhallusvilla Ky, jonka käytössä kohteessa oleva teollisuushalli on. Yritys on perustettu vuonna 1978 ja sen toimintaa pyritään laajentamaan energia-alalla.

Kohteeseen kuuluu tällä hetkellä kuusi rakennusta: kaksi omakotitaloa, piharakennus, kaksi autotallia ja teollisuushalli. Teollisuushallia laajennetaan hakelämpölaitoksen vaatimilla tiloilla. Tulevaisuudessa naapurustoon rakennetaan mahdollisesti muutama omakotitalo lisää ja näille suunnitellaan varaukset. Yhteen omakotitaloon lisätään varaus uima-altaalle. Nykyiset kohteet lämpiävät tällä hetkellä öljyllä, pelletillä, puulla tai sähköllä käyttäen omia järjestelmiä. Tämän vuoksi keskitetty lämmöntuotanto uusiutuvalla energialla voi tuoda isoja säästöjä.

Energiakulutuksen seuraamiseksi ja kulujen kattamiseksi, perustetaan energiayhtiö. Hakelämpölaitos sijoitetaan teollisuushalliin tulevaan laajennukseen. Lämmitysenergian lähteenä käytetään puuhaketta, koska sitä voidaan hankkia omista metsistä ja tarvittaessa ostaa ulkopuolisilta. Maa-kylmäjärjestelmä tulee Siikajärventie 35:ssä sijaitsevaan omakotitaloon ja siinä hyödynnetään jo olemassa olevaa käyttövesikaivoa.

2 RAKENNUSKANTA

Kohde sijaitsee Kemin Takajärvellä ja rakennuksia on yhteensä kuusi. Rakennukset on rakennettu 1966–2007 ja osaa niistä on laajennettu. Tulevaisuudessa rakennuskanta lisääntyy mahdollisesti kahdella omakotitalolla. Rakennusten pohjakuvat löytyvät liitteistä 1–7.

2.1 Siikajärventie 27

Pihapiirissä on kaksi rakennusta ja autokatos. Toinen rakennuksista on 315 m²:n teollisuushalli ja toinen varastorakennus, joka on kylmillään ja purkukunnossa. Teollisuushalli on rakennettu kahdessa osassa. Ensimmäinen vaihe on rakennettu 1983, jolloin rakennettiin varastohalli sekä taukotilat. Seuraava vaihe toteutettiin 1990, jolloin hallia laajennettiin lämmönjakohuoneella, joka on 15 m². Lämmönjakohuone on käyttämätön, ja siellä sijaitsee tällä hetkellä vanha öljykattila, joka on siirretty toisesta rakennuksesta lämmönjakohuoneeseen. Rakennuksessa ei ole olemassa lämmitysjärjestelmää, joten lämmitys on helpoin toteuttaa vesikiertoisella lämpöpuhaltimella. Vesipisteitä hallissa ei ole, mutta lämmönjakohuoneeseen asennetaan yksi vesipiste. Rakennukseen ei tarvita jäähdytystä, sillä tiloissa säilytetään lähinnä työkaluja ja puhallusvillakalustoa.

Keskitetty lämpölaitos suunnitellaan hallin yhteyteen. Nykyinen lämmönjakohuone on liian pieni sellaisenaan, joten se puretaan pois ja tilalle rakennetaan isommat tilat. Laajennuksen pystyisi toteuttamaan nykyisen lämmönjakohuoneen tilalle hallin taakse. Tiloihin tulee kattilalaitos ja hakesiilo jota täytetään sivusta pyöräkuormaajalla. Esimerkiksi Biofire Oy:llä on hakelämpökeskus tankopurkaimella, jolla lämmitysjärjestelmä voitaisiin toteuttaa. Mitoiltaan kyseinen järjestelmä sopisi tontille hyvin, sillä kohteeseen tarvitaan vähintään 120 kW:n lämpölaitos. Jotta lämmöntuotantoa on tarpeeksi tulevaisuutta ajatellen, kohteeseen tulee 150 kW:n laitos ja kulutushuippuja varten 1000 l energiavaraaja. 150 kW:n lämpölaitos vaatii tilaa vähintään 8500x9000 mm. Hallin leveys on 12 000 mm, joten tilat on järkevintä rakentaa hallin levyiseksi. Näin voidaan varastoida enemmän haketta ja kuivattaa sitä kohteessa, jolloin polttoaineen hyötysuhde kasvaa.

Nykyinen tontti on tarpeeksi iso uudelle tiepohjalle hallin ympäri. Tällöin kuorma-auton tai yhdistelmän voi ajaa hakesiilon viereen, jolloin sen täyttö on helpompaa. Jotta tiepohjan voi tehdä, tulee kylmillään oleva varastorakennus purkaa ja kuusia kaataa hallin reunustalta.

2.2 Siikajärventie 35

Pihapiiriin kuuluu kolme rakennusta: omakotitalo, kahden auton autotalli varastolla sekä piharakennus.

2.2.1 Omakotitalo

Omakotitalo on rakennettu kahdessa vaiheessa ja siinä on pohjapinta-alaa yhteensä 129 m². Ensimmäinen osa rakennuksesta on rakennettu vuonna 1966 ja laajennusosa on tehty 1983. Laajennusosassa sijaitsevat työhuone, kaivuhuone, toinen sisäänkäynti eteisineen ja vaatehuone. Kaivohuoneeseen vesi tulee porakaivosta. Alun perin rakennus on saanut kaikki käyttövetensä porakaivosta, mutta vuonna 2006 rakennukset yhdistettiin kunnallistekniikkaan. Tämän jälkeen porakaivoa on käytetty lähinnä kastelu- ja autonpesuvesiä varten. Vanhassa osassa rakennusta vanha lämmönjakohuone on muutettu kylpyhuoneeksi ja vanha kylpyhuone isoksi wc:ksi.

Rakennuksen lämmönjako on toteutettu patterilämmityksellä. Vesipisteitä, jotka saavat vetensä kunnan vesijohdosta, on neljä kappaletta. Lämpöpattereiden lisäksi olohuoneessa sijaitsee ilmalämpöpumppu. Koska nykyinen lämmönjakohuone sijaitsee piharakennuksen kellarissa, siirtojohdot on pitkä, minkä vuoksi lämpimän veden odotusaika ei täytä määräyksiä.

Tulevaisuudessa kun rakennus remontoidaan, tulee sinne lattialämmitys patterilämmityksen sijaan. Rakennuksen ilmanvaihto on painovoimainen, ja remontin yhteydessä siihen asennetaan koneellinen ilmanvaihto. IV- koneeksi valitaan kone, jossa on jäähdytyspatteri. Näin rakennukseen saadaan miellyttävä ilmasto myös kesäaikaan. Jäähdytyspatterissa kiertää maakylmäpiirinen neste, joka kulkee vanhan olemassaolevan käyttövesikaivon kautta. Käyttövesikaivo sijaitsee rakennuksen päässä, ja sen syvyys on noin 150 m.

2.2.2 Piharakennus

Piharakennus on rakennettu vuonna 1974. Siinä on pohjapinta-alaa yhteensä 56 m² ja 21,5 m²:n kellari, jossa sijaitsee lämmönjakohuone ja käyttämätön kylmäkellari. Maanpäällisessä kerroksessa on tupa, keittiö, pukuhuone, kylpyhuone ja puu/sähkösauna. Tuvassa on leivinuuni ja avotakka. Rakennukseen on uusittu tuvan ja keittiön pinnat 2012, jolloin myös asennettiin ilmalämpöpumppu. Lämmönjako toteutetaan lämpöpattereilla. Nykyinen lämmitysjärjestelmä, jolla lämmi-

tetään myös päärakennus, alkaa olla vanha ja se kaipaa uusimista. Järjestelmässä on avopaisuntasäiliö joka vaihdettiin vuonna 2012 vanhan ruostuttua puhki. Rakennuksessa on neljä vesipistettä, ja remontin yhteydessä lämmönjakohuoneeseen laitetaan yksi vesipiste lisää.

Uusi lämmitysjärjestelmä sijoitetaan vanhan järjestelmän tilalle. Se tulee olemaan pienempi kuin nykyinen sillä öljy/puukattilaa ei tarvita, vaan tilalle tulee lämmönjakokeskus. Uuteen järjestelmään laitetaan myös lämpimänvedenkierto, jotta päärakennuksen odotusajat pienenevät alle 10 sekuntiin. Piharakennuksen lämmitys toteutetaan jatkossakin lämpöpattereilla.

2.2.3 Autotalli

Autotalli on rakennettu samalla, kun päärakennukseen on tehty laajennus vuonna 1983. Pinta-alaa autotallissa on 68 m², ja se sisältää varaston. Autotallissa ei ole lämmitysjärjestelmää ja se on helpointa toteuttaa vesikiertoisella lämpöpuhaltimella, joka käyttää piharakennuksen patterilämmityspiiriä.

2.3 Siikajärventie 43

Pihapiiriin kuuluu kaksi rakennusta: omakotitalo sekä kahden auton autotalli, jossa sijaitsee varasto ja lämmönjakohuone. Rakennukset on rakennettu vuonna 2007.

2.3.1 Omakotitalo

Omakotitalo on vuonna 2007 rakennettu Finndomo-talopaketti. Pohjapinta-alaa rakennuksessa on yhteensä 258 m². Alakerrassa on eteinen, wc, kodinhoitohuone, pesuhuone, sauna, keittiö, ruokailutila, olohuone ja työhuone. Yläkerrassa sijaitsevat aula, neljä makuuhuonetta, wc/kylpyhuone ja vaatehuone. Lämpö jaetaan lattialämmityksen avulla, ja rakennuksessa on koneellinen ilmanvaihto.

2.3.2 Autotalli

Autotallissa pohjapinta-alaa on 101,5 m². Autopaikkoja on kaksi, varasto, pellettisiilo ja lämmönjakohuone. Yläpohjassa on käyttöullakko.

Lämmitysjärjestelmänä toimii pellettilämmitys, jolla lämmitetään 2000 litran varaajaa. Varaajassa on myös sähkövastukset. Pellettipoltin on asennettu 2014 ja pellettisiilo sijaitsee varaston ja lämmönjakohuoneen välissä. Tässä tapauksessa nykyinen pellettikattila jätettäisiin uuden järjestelmän rinnalle, mahdollisen ongelmatilanteen varalle. Pihalle suunnitellaan varaus uima-altaalle. Uuteen järjestelmään tulee lämmönjakokeskus kolmella lämmönsiirtimellä. Lämmönsiirtimet suunnitellaan lattialämmitykselle, uima-altaalle ja käyttövedelle.

3 LÄMMITYS

Rakennuskanta tullaan lämmittämään lämpökeskuksella. Hake valittiin polttoaineeksi ekologisuuden, omien metsien ja hinnan vuoksi. Hakepolttolaitoksessa voi myös käyttää tarvittaessa muita polttoaineita, kuten pellettiä ja polttopuuta.

3.1 Lämpöhäviöt

Rakennuksille laskettiin Excelillä lämpöhäviöt käyttämällä Suomen rakentamismääräyskokoelman osia C4 ja D3. U-arvot laskettiin rakenteille, joille niitä ei ollut suunnitelmissa tehty. Liitteessä 8 on esimerkki U-arvon laskennasta ja liitteessä 9 on esimerkki energiantarpeen laskennasta.

U-arvot voidaan laskea kaavalla 1 (1, s. 5).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad \text{KAAVA 1}$$

jossa

U = lämmönläpäisykerroin (W/(m²K))

R_T = rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön.

Rakennusosan kokonaislämmönvastus R_T saadaan kaavasta 2 (1, s. 5).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_m + R_g + R_b + R_{g1} + R_{g2} + \dots + R_{qn} + R_{se} \quad \text{KAAVA 2}$$

jossa

R₁ = d₁ / λ₁, R₂ = d₂ / λ₂ ... R_m = d_m / λ_m

d₁, d₂, ... d_m = ainekerroksen 1, 2, ... m paksuus, m

λ₁, λ₂, ... λ_m = ainekerroksen 1, 2, ... m lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, esim. normaalin lämmönjohtavuus

R_g = rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus

R_b = maan lämmönvastus

R_{q1}, R_{q2}, ... R_{qn} = ohuen ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönvastus

R_{si} + R_{se} = sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa.

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö saadaan kaavasta 3 (2, s. 12).

$$\Sigma H_{joht} = \Sigma(U_{ulkoseinä}A_{ulkoseinä}\Delta T) + \Sigma(U_{yläpohja}A_{yläpohja}\Delta T) + \Sigma(U_{alapohja}A_{alapohja}\Delta T) + \Sigma(U_{ikkuna}A_{ikkuna}\Delta T) + \Sigma(U_{ovi}A_{ovi}\Delta T)$$

KAAVA 3

jossa

ΣH_{joht} = rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W

U = rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m²K)

A = rakennusosan pinta-ala, m²

ΔT = rakenteen ja sitä ympäröivän tilan lämpötilaero.

Rakennuksen vuotoilman lämpöhäviö lasketaan kaavalla 4 (2, s. 14).

$$H_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} \Delta T / 1000$$

KAAVA 4

jossa

$H_{vuotoilma}$ = vuotoilman ominaislämpöhäviö, W

ρ_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{v,vuotoilma}$ = vuotoilmavirta, m³/s

ΔT = sisä- ja ulkoilman lämpötilaero, K

1000 = muunnoskerroin, jotta tulokseksi tulee W.

Vuotoilmavirta $q_{v,vuotoilma}$ saadaan kaavasta 5 (2, s. 23).

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{vaippa}$$

KAAVA 5

jossa

q_{50} = rakennusvaipan ilmanvuotoluku m³/(h·m²)

A_{vaippa} = rakennusvaipan pinta-ala m²

X = kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille korkeimmille rakennuksille 15

3600 = kerroin, joka muuttaa ilmavirran m³/h yksiköstä m³/s yksikköön.

Rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan kaavalla 6 (2, s. 14).

$$H_{IV-tulo} = \rho_i c_{pi} q_{tuloIV} \Delta T / 1000$$

KAAVA 6

jossa

$H_{IV-tulo}$ = ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W

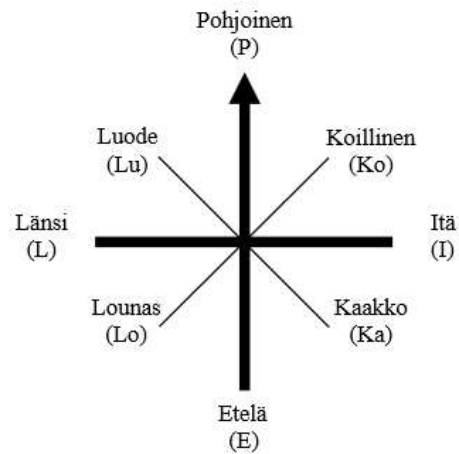
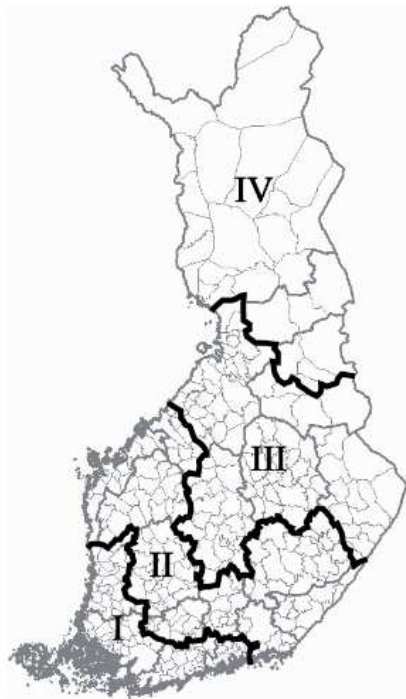
ρ_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

ΔT = sisäänpuhallusilman ja ulkoilman lämpötilaero, K

1000 = muunnoskerroin, jotta tulokseksi tulee W.

Mitoittava ulkoilman lämpötila saadaan kuvasta 1.



Kuva L2.1. Säävyöhykkeet.

Taulukko L2.1. Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.		
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

KUVA 1. Lämmitystehon laskennassa käytettävät säätiedot (2, s. 29)

3.1.1 Siikajärventie 27

Hallin U-arvot laskettiin rakennepiirustuksista saaduilla tiedoilla ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 materiaalien lämmönjohtavuuksilla. Ikkunoiden ja ovien U-arvoiksi oletettiin sen ajan tyypilliset U-arvot. Näillä tiedoilla rakennuksen rakenteiden U-arvoiksi tulivat seuraavat: yläpohja 0,25 W/(m²K), alapohja 0,18 W/(m²K), ulkoseinät 0,40 W/(m²K), ikkunat 2,60 W/(m²K), ovet 1,80 W/(m²K).

Lämpöhäviölaskelmissa ei otettu huomioon olemassa olevaa lämmönjakohuonetta, vaan tilalle mitoitettiin suunniteltu lämmönjakolaitos. Laskelmissa käytettiin nurkkahuonelisän kertoimena 0,2, jotta mitoittamiseen tulee hieman varmuusvaraa. Laskemalla kaikkien rakenneosien lämpöhäviöt, ilmavuodot ja nurkkahuonelisät saatiin lämpöhäviöiksi 23 234 W.

3.1.2 Siikajärventie 35

Omakotitalon lämpöhäviöt

Omakotitalon U-arvot laskettiin rakennepiirustuksista saaduilla tiedoilla ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 materiaalien lämmönjohtavuuksilla. Ikkunoiden ja ovien kohdalla U-arvoksi valittiin 80-luvun tyypillisiä U-arvoja. Rakennuksen U-arvoiksi tuli seuraavaa: yläpohja 0,16 W/(m²K), alapohja 0,18 W/(m²K), ulkoseinät 0,30 W/(m²K), ikkunat 1,8 W/(m²K) ja ovet 1,4 W/(m²K).

Laskelmissa nurkkahuonelisän kertoimena käytettiin 0,2, jotta mitoitukseen tulee hieman varmuusvaraa. Laskemalla kaikkien rakenneosien lämpöhäviöt, IV:n aiheuttamat lämpöhäviöt, ilmapuodot ja nurkkahuonelisät saatiin rakennuksen lämpöhäviöksi 9 163 W. Lämpöhäviöt rakennuksessa ovat melko isot, mutta tarkasteltava rakennus on vanha ja yksikerroksinen.

Autotallin lämpöhäviöt

Autotallin U-arvot laskettiin rakennepiirustuksista saaduilla tiedoilla ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 materiaalien lämmönjohtavuuksilla. Ikkunat ja ovet oletettiin 80-luvun tyypillisiksi rakenteiksi joten niiden todellista U-arvoa ei lähdetty selvittämään. Rakennuksen U-arvoiksi saatiin seuraavaa: yläpohja 0,26 W/(m²K), alapohja 0,18 W/(m²K), ulkoseinät 0,32 W/(m²K), ikkunat 1,8 W/(m²K), ovet 1,4 W/(m²K), kellarin seinät 0,36 W/(m²K) ja kellarin alapohja 0,32 W/(m²K).

Laskelmissa nurkkahuonelisän kertoimena käytettiin 0,2:ta, jotta mitoitukseen tulee hieman varmuusvaraa. Laskemalla kaikkien rakenneosien lämpöhäviöt, ilmapuodot ja nurkkahuonelisät, saatiin rakennuksen lämpöhäviöksi 5 422 W.

Piharakennuksen lämpöhäviöt

Piharakennuksen piirustukset eivät vastanneet todellisuutta. Esimerkiksi kellaria ei piirustuksissa ollut ja piharakennuksen rakenteista ei ole leikkauskuvia. Tämän vuoksi rakenteista jouduttiin tekemään olettamuksia verraten muihin pihapiirin rakennuksiin.

Rakennuksen U-arvot laskettiin oletettujen rakenteiden pohjalta ja käyttämällä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 materiaalien lämmönjohtavuuksia. Ikkunoiden ja ovien U-arvoiksi valittiin 80-luvun tyypillisiä U-arvoja. Rakennuksen U-arvoiksi tuli seuraavaa: yläpohja

0,32 W/(m²K), alapohja 0,18 W/(m²K), ulkoseinät 0,32 W/(m²K), ikkunat 1,8 W/(m²K) ja ovet 1,4 W/(m²K). Näillä tiedoilla rakennuksen lämpöhäviöksi saatiin 6 991 W.

3.1.3 Siikajärventie 42

Omakotitalon lämpöhäviöt

Rakennuksen lämpöhäviöt laskettiin käyttämällä hyväksi jo olemassa olevia U-arvoja. Yläpohjan U-arvot laskettiin uudelleen, koska siellä on enemmän puhallusvillaa kuin kuviin on suunnittelu- vaiheessa piirretty. Yläpohjassa on käytetty Paroc BLT6 -villaa 500 mm ja kuvista poiketen sisällä on puupaneelilaudoitus. Näillä tiedoilla laskettuna yläpohjan U-arvoksi tuli 0,079 W/m²°C.

Nurkkahuonelisänä käytettiin kertoimena koko rakennuksessa 0,2, koska rakennuksessa on paljon kulmia ja pesuhuone on ainoa huone, jossa ulkoseinät eivät ole yhteydessä ulkoilmaan.

Laskemalla kaikkien rakenneosien lämpöhäviöt, IV:n aiheuttamat lämpöhäviöt, ilmavuodot ja nurkkahuonelisät saatiin rakennuksen lämpöhäviöksi 12 675 W. Lämpöhäviöt ovat suhteellisen pienet, sillä asuinpinta-alaa on 258 m² ja rakennuksen lämmin huonetilavuus on noin 720 m³.

Autotallin lämpöhäviöt

Autotallin lämpöhäviöt laskettiin jo olemassa olevilla U-arvoilla. Poikkeuksena on yläpohja jossa Paroc BLT6 -vuorivillaa on noin 500 mm. Uudeksi U-arvoksi tuli sama kuin omakotitalossa eli 0,079 W/m²°C. Nurkkahuonelisän kertoimena käytettiin myös 0,2. Autotallin, varaston ja lämmönjakuhuoneen kokonaispinta-ala on 101 m². Rakenteiden aiheuttamat lämpöhäviöt, ilmavuodot ja nurkkahuonelisät toivat rakennuksen lämpöenergiatarpeeksi 4 190 W.

Uima-altaan lämpöhäviöt

Uima-allas sijoitetaan talon taakse terassin läheisyyteen. Kooksi valitaan 10 m x 4 m x 1,5 m, eli tilavuudeltaan 60 m³ ja pinta-alaltaan 40 m². Mitoitusperusteena voidaan pitää 300 W/m², jolloin altaan lämmitysenergiatarpeeksi tulee 12 kW (3). Kun allasta ei käytetä, energiaa säästetään käyttämällä altaan päälle asennettavaa lämpöpeitettä. Peite vähentää veden haihtumista ja näin lämpöenergian häviämistä. Samalla se suojaa allasta roskaantumiselta. Kun allasta taas käytetään, kelataan peite takaisin altaan päädyssä olevalle rullalle.

3.2 Lämpimän käyttöveden tarve

Rakennusten lämpimän käyttöveden tarve laskettiin Excelillä ja käyttämällä Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa D5. Osassa rakennuksista käytettiin henkilömääränä todellista asukaslukumäärää, ja rakennuksissa, joissa ei asu tällä hetkellä ketään, oletettiin realistiset henkilömäärät. Kahden talon varauksille käytettiin mitoituksessa oletuksena kuutta henkilöä per talo. Lämmönjakokeskusten mukana tulevat 57 kW:n käyttövedenlämmönsiirtimet riittävät näillä mitoitusperusteilla.

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve saadaan kaavalla 7 (4, s. 24).

$$Q_{lkv,netto} = \frac{\rho_v C_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv})}{3600} - Q_{lkv,LTO} \quad \text{KAAVA 7}$$

jossa

$Q_{lkv,netto}$ = lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh

ρ_v = veden tiheys, 1000 kg/m³

C_{pv} = veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kgK)

V_{lkv} = lämpimän käyttöveden kulutus, m³

T_{lkv} = lämpimän käyttöveden lämpötila, °C

T_{kv} = kylmän käyttöveden lämpötila, °C

3600 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

$Q_{lkv,LTO}$ = jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu ja käyttöveden lämmityksessä hyväksikäytetty energia, kWh.

Lämpötilaerona ($T_{lkv} - T_{kv}$) käytetään 50 °C, koska ei ole perusteltuja syitä käyttää lämpimän ja kylmän veden lämpötiloina muita arvoja. Lämpimän käyttöveden kulutus saadaan kaavasta 8 (4, s. 25).

$$V_{lkv} = n V_{lkv,omin,henk} \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 8}$$

jossa

V_{lkv} = lämpimän käyttöveden kulutus, m³

N = henkilöiden lukumäärä, -

$V_{lkv,omin,henk}$ = lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm³ henkilöä kohti vuorokaudessa

Δt = ajanjakson pituus, vuorokautta

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kuutiometreiksi, dm^3/m^3 .

Lämmintä vettä oletetaan käytettävän noin $50 \text{ dm}^3/\text{vrk}$ henkilöä kohden (5). Δt on tässä tapauksessa 1 vrk. $Q_{\text{lkv, netto}}$ voidaan muuntaa kilowattitunneista kilowateiksi kaavalla 9.

$$E = Q_{\text{lkv, netto}}/24$$

KAAVA 9

jossa

$Q_{\text{lkv, netto}}$ = lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh

24 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowateiksi, h/h.

3.2.1 Siikajärventie 27

Hallissa ei ole tällä hetkellä yhtään vesipistettä, mutta tekniseen laitetilaan asennetaan määräysten mukainen vesipiste (6, s. 5). Veden käyttö ei tule olemaan jatkuvaa, mutta vesipiste mitoitetaan yhden henkilön mukaan. Tällä mitoituksella mahdollistetaan puhallusvillakaluston pesu ke-säaikaan ulkona. Käyttämällä kaavoja 7 ja 8 saadaan arvoksi $Q_{\text{lkv, netto}}$ noin 2,92 kWh.

3.2.2 Siikajärventie 35

Laskelmissa on oletettu sekä omakotitaloon että piharakennukseen omat asukasmäärät, vaikka rakennukset ovat yhden perheen käytössä ja piharakennus on saunarakennuksena, ei niinkään asuinrakennuksena. Tämä mitoistustapa valittiin siksi, että piharakennus voi toimia erillisenä asuinrakennuksena, jolloin se vaatii oman mitoituksen. Autotallissa ei ole vesipistettä.

Omakotitalo

Mitoituksessa valittiin asukaslukumääräksi 3 henkilöä, koska rakennuksessa on 2 makuuhuonetta, joista isompi on kahdelle hengelle ja pienempi yhdelle. Käyttämällä kaavoja 7 ja 8 saadaan arvoksi $Q_{\text{lkv, netto}}$ noin 8,75 kWh.

Piharakennus

Piharakennusta käytetään pääasiallisesti saunarakennuksena, mutta mitoituksessa otettiin huomioon, että sitä voidaan myös käyttää asumistarkoitukseen. Tällä myös varmistetaan lämpimän veden riittävyys saunaa käytettäessä. Piharakennuksessa asuintilana on tupa, joten käyttövesi

mitoitettiin kahdelle henkilölle. Käyttämällä kaavoja 7 ja 8 saadaan arvoksi $Q_{lkv, netto}$ noin 5,83 kWh.

3.2.3 Siikajärventie 42

Mitoituksessa käytettiin kohteen todellista asukasmäärää, joka on tällä hetkellä 7 henkilöä. Vesipisteet sijaitsevat ainoastaan omakotitalossa. Käyttämällä kaavoja 7 ja 8 saadaan $Q_{lkv, netto}$:ksi 20,4 kWh.

3.3 Siikajärventie varaukset

Mitoituksessa varausten asukasmääränä käytettiin 6:tta henkilöä tonttia kohden eli yhteensä 12:tä henkilöä. Vesipisteiden oletetaan sijaitsevan ainoastaan omakotitaloissa. Käyttämällä kaavoja 7 ja 8 saadaan varauksille yhteensä $Q_{lkv, netto}$:ksi 35 kWh.

3.4 Verkoston mitoitus

Verkoston mitoituksella pyritään optimoimaan putkikoot sopiviksi. Näin saadaan minimoitua kulut rakennus- ja käyttövaiheessa. Putkena käytetään esimerkiksi Wehothermin 2-putkijärjestelmää (Mpuk). Näin kaivantoon saadaan meno- ja paluuputki pieneen tilaan. 2-putkijärjestelmän käyttö kohteessa on mahdollista järjestelmän pienen tehon vuoksi. Liitteessä 11 näkyy Mpuk –putkien sijainti asemapiirroksessa. Liitteet 12 ja 13 liittyvät verkoston mitoitukseen.

Putkien mitoitukseen tarvitaan seuraavat tiedot: lämmityksen ja käyttöveden tehot mitoituslämpötiloilla, virtaamat kyseisillä tehoilla ja virtausnopeus putkessa. Mitoitukseen tarvittava käyttöveden teho kilowatteina saadaan laskettua kaavalla 10 (7).

$$\phi_{LKV} = 57 + 15,3[\ln(n^3 - n^2 + 1)]^{1,17} \quad \text{KAAVA 10}$$

jossa

n = asuntojen lukumäärä.

Virtaamat lämmityksen ja käyttöveden tehoilla saadaan laskettua kaavalla 11.

$$q_V = \frac{\phi}{\rho C_p \Delta T}$$

KAAVA 11

jossa

ϕ = lämmityksen tai käyttöveden teho, kW

ρ = veden tiheys, 1 kg/dm³

C_p = veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kgK)

ΔT = meno- ja paluuveden lämpötilaero, °C.

Seuraavaksi lasketaan virtauksen halkaisija saaduilla tiedoilla. Tuloksen perusteella valitaan seuraavaksi suurin putkikoko. Talojohtojen virtaamaan otetaan mukaan lämmitys ja lämminkäyttövesi, mutta runkojohdoissa otetaan huomioon se, että kaikki eivät käytä käyttövettä yhtä aikaa (kaava 10). Virtauksen halkaisija d_{lask} [m] saadaan laskettua kaavalla 12 (8, s. 43).

$$d_{lask} = \sqrt{\frac{4q_V}{\pi v_{mit}}}$$

KAAVA 12

jossa

q_V = virtaama, m³/s

v_{mit} = veden mitoitusvirtausnopeus, m/s.

Laskelmissa jokaisen asiakkaan tonttijohdon kooksi tuli DN20. Runkojohdoissa koko kasvoi mentäessä kohti lämpökeskusta sitä mukaan kun tehontarve kasvoi. Suurimmillaan runkojohdon koko on DN40.

Järjestelmän painehäviöt pyritään optimoimaan pumppauskustannusten pienentämiseksi. Ylimääräiset pumppauskustannukset voivat tuoda huomattavan menoeran vuositasolla. Painehäviöt lasketaan putkille ja järjestelmän komponenteille, kuten venttiileille ja lämmönsiirtimille.

Putkien painehäviöiden laskemiseksi tarvitaan seuraavat tiedot: putken poikkipinta-ala, virtausnopeus, putken karheus ja putkipituus. Putken poikkipinta-ala lasketaan kaavalla 13 (7).

$$A_{ds} = \frac{\pi d_s^2}{4}$$

KAAVA 13

jossa

A_{ds} = putken poikkipinta-ala, m²

d_s = putken sisähalkaisija, m.

Kun putken poikkipinta-ala tiedetään, voidaan laskea virtausnopeus kyseisessä putkessa kaavalla 14 (7).

$$v = \frac{q_v}{A_{ds}} \quad \text{KAAVA 14}$$

jossa

v = virtausnopeus, m/s

q_v = veden virtaama, m³/s.

Näillä tiedoilla voidaan laskea Reynoldsin luku, jota tarvitaan Moodyn käyrästä varten. Reynoldsin luku lasketaan kaavalla 15 (7).

$$Re = \frac{v d_s}{\nu} \quad \text{KAAVA 15}$$

jossa

ν = kinemaattinen viskositeetti, m²/s.

Moodyn käyrästä varten tarvitaan myös suhteellinen karheus. Koska putken ovat uusia teräsputkia, voidaan karheudeksi olettaa 0,04 mm. Suhteellinen karheus lasketaan kaavalla 16 (7).

$$karheus_{suht.} = \frac{karheus}{d_s} \quad \text{KAAVA 16}$$

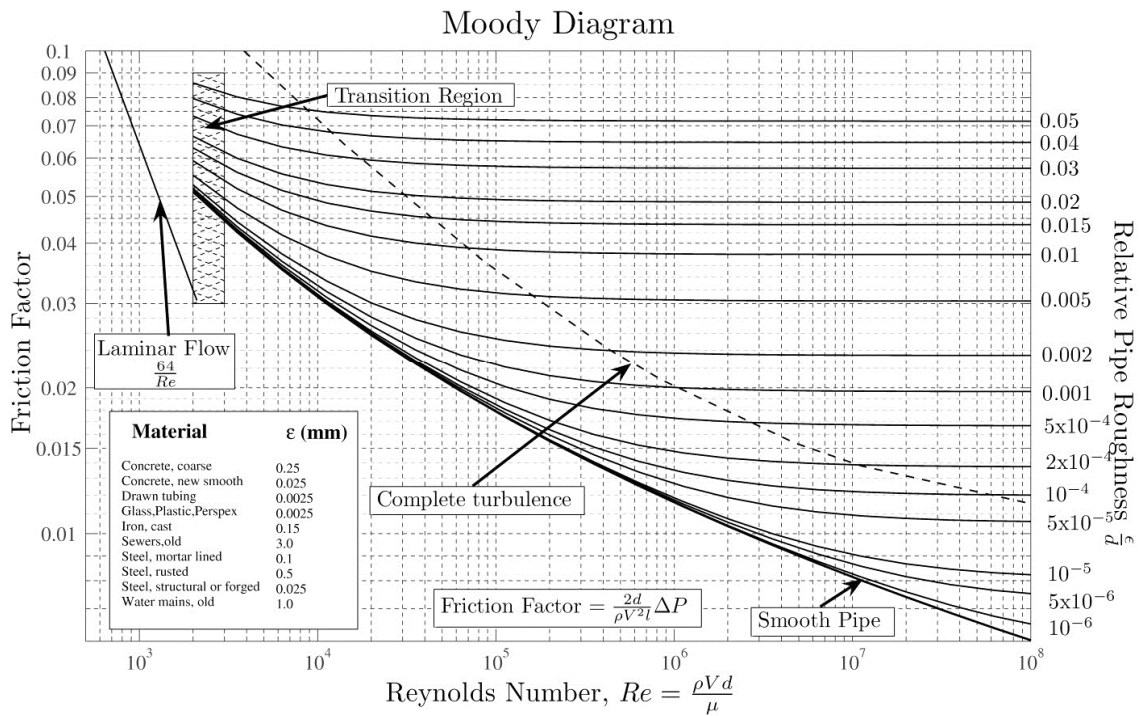
jossa

$karheus_{suht.}$ = suhteellinen karheus, -

$karheus$ = putken sisäpinnan karheus, mm

d_s = putken sisähalkaisija, mm.

Reynoldsin luvun ja suhteellisen karheuden avulla pystytään Moodyn käyrästä lukemaan λ (kuva 2), joka tarvitaan painehäviö ΔP :n laskemiseen.



KUVA 2. Moodyn käyrästä (9)

Järjestelmässä mutkat ja komponentit lisäävät painehäviötä. Tämä otetaan huomioon laskemalla ekvivalentti- putkipituus L_{ekv} kaavalla 17 (7).

$$L_{ekv} = L \times k$$

KAAVA 17

jossa

L_{ekv} = ekvivalentti- putkipituus, m

L = putken pituus, m

K = kerroin jolla otetaan kertavastukset huomioon, 1,1–1,2.

Edellä mainituista tiedoista voidaan laskea putken painehäviö Δp kaavalla 18 (7).

$$\Delta p = \lambda \frac{L_{ekv}}{d_s} \frac{1}{2} \rho v^2$$

KAAVA 18

jossa

Δp = putken painehäviö, Pa

ρ = aineen tiheys, kg/m³

v = aineen virtausnopeus, m/s.

Kun putken painehäviö on laskettu, tulee tarkistaa painehäviö kilometrin matkalle. Painehäviön sallittu suuruus vaihtelee putken asemasta järjestelmässä. Talojohdoissa painehäviöksi sallitaan 1–2 bar/km, kun runkojohdossa yleensä sallitaan noin 1 bar/km. (8, s. 43.) Painehäviön suuruus kilometrille voidaan tarkastaa kaavalla 19 (7).

$$\Delta p_{km} = \frac{\Delta P}{L}$$

KAAVA 19

jossa

Δp_{km} = putken painehäviö kilometrin matkalla, bar/km

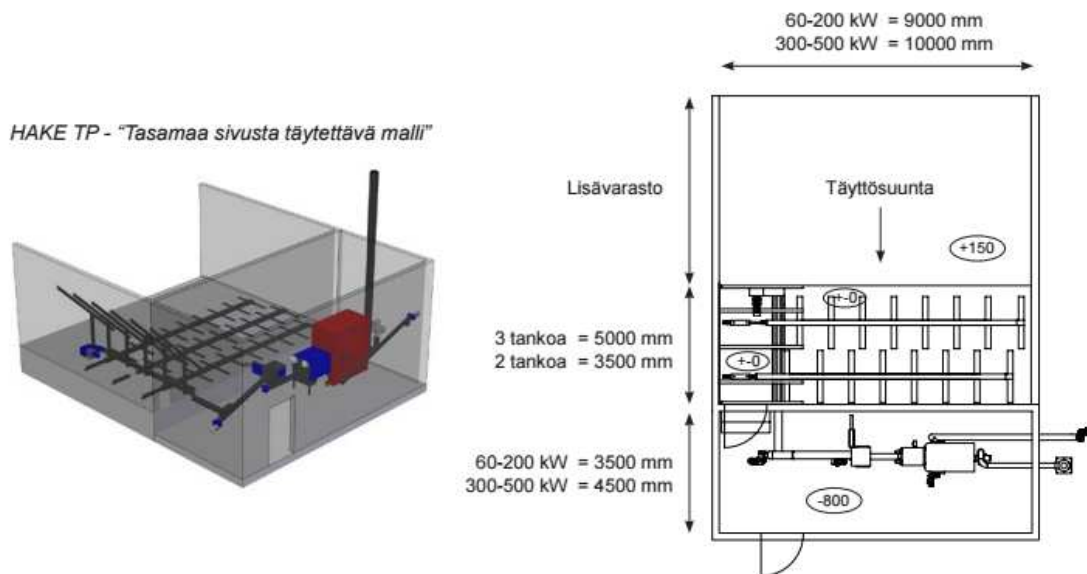
ΔP = putken painehäviö, bar

L = putken pituus, km.

Kaukaisimpaan pisteeseen ja takaisin painehäviöksi tuli yhteensä noin 29 kPa. Jotta ensiöpuolen pumppu voidaan mitoittaa, lisättiin painehäviöksi vielä 30 kPa. Tämä sisältää 5 kPa energiamittarille, 5 kPa putkistolle ja sen osille energiamittarin jälkeen ja 20 kPa lämmönsiirtimelle. Mitoittava vesivirta ensiöpuolella on kohteessa 0,72 dm³/s. Näillä tiedoilla pumpuksi valittiin Kolmeksin L-50A/4 -pumppu, joka on soveltuva kaukolämmön ensiöpuolelle. Pumpussa on se etu, että järjestelmän kasvaessa koko runkoa ei tarvitse vaihtaa vaan pelkkä siipipyörän vaihto riittää. Pumpun tiedot löytyvät liitteessä 15.

3.5 Lämpökeskus

Lämpökeskustoimittajaksi valittiin suomalainen Biofire Oy, joka asentaa keskuksen pois lukien asennuksiin liittyvät sähköistys- ja lvi-työt. Kohteeseen tulee tankopurkainlämpökeskus (kuva 3), jonka varasto on sivusta täytettävä. Tehon valinnassa päädyttiin 150 kW hakepolttimeen, sillä se mahdollistaa järjestelmän laajentamisen alkuperäisiin laskelmiin verrattuna. Tehokkaampaa lämpökeskusta puolsi myös se, että järjestelmä ei ole kuin 3 200 € kalliimpi. Lisäksi lämpökeskukseen asennetaan 1000 l:n energiavaraaja kulutushuippuja varten.



KUVA 3. Sivusta täytettävä tankopurkainlämpökeskus (10)

Toimitukseen kuuluvat seuraavat asiat:

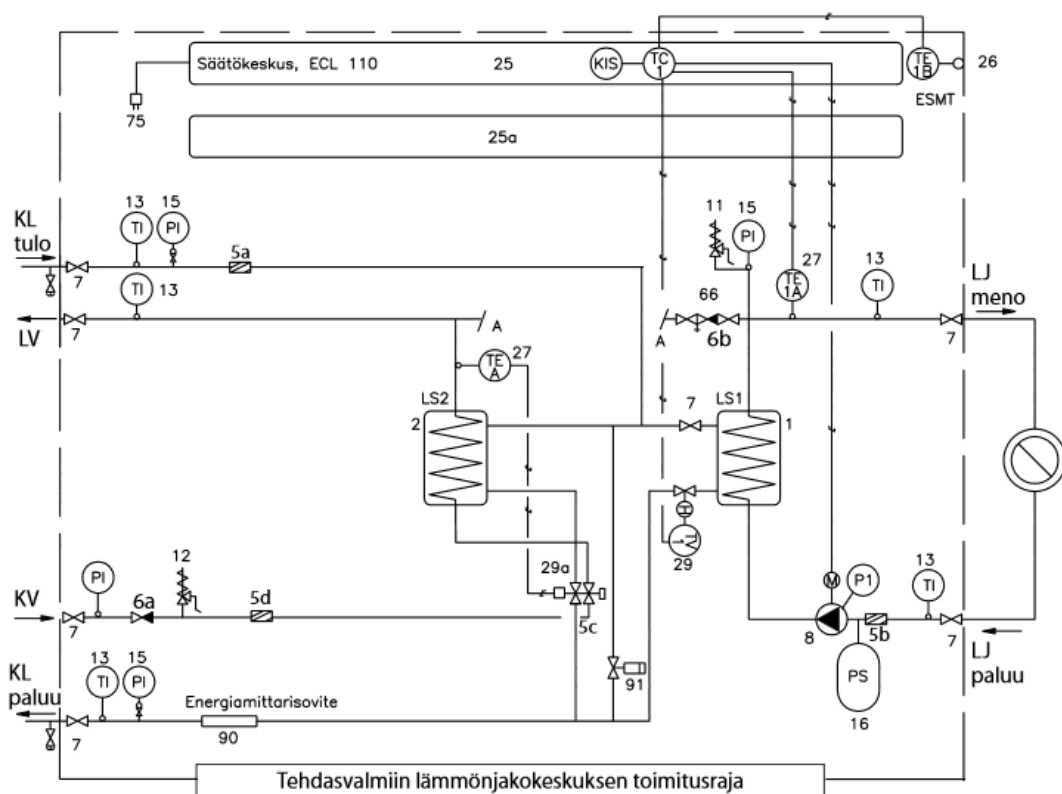
- Ariterm Biocomp 150 kW- kattila
- Biofire - Palokärki-poltin 150kW
- välisäiliö 80–150 kW
- nostoruuvi D195
- tankopurkainaseman keräinruuvi D195 TP2
- tankopurkaintanko 8m
- hydraulikkakoneikko 4kW 200 bar
- hydraulikkatarvikkeet TP
- tuhkanpoisto 1 D145 (80–500 kW)
- savukaasuimuri 3~400 V + kanava (-150 kW)
- Taajuusmuuttaja Vacon 0,37 kW
- varolaitteet 120–500 kW- painevesisammutus
- logiikkaohjaus kosketusnäytöllä 7"
- etäohjaus TOSIBOX
- järjestelmän suunnittelu/ mitoitus
- laiteasennus
- käyttöönotto ja käyttökoulutus
- rahti.

Lämpökeskus on pitkälle automatisoitu. Sitä voidaan ohjata etänä joko tietokoneella, Android-puhelimella tai tabletilla. Varoitukset ja tilannetiedot saadaan tekstiviestillä. Myös tuhkanpoisto ja nuohous on automatisoitu. Aritermin valmistamassa biokattilassa on automaattinen mekaaninen nuohousjärjestelmä ja polttimessa on automaattinen tuhkanpoisto. Tuhkanpoiston käynti määräytyy suhteessa syötettyyn polttoaineeseen.

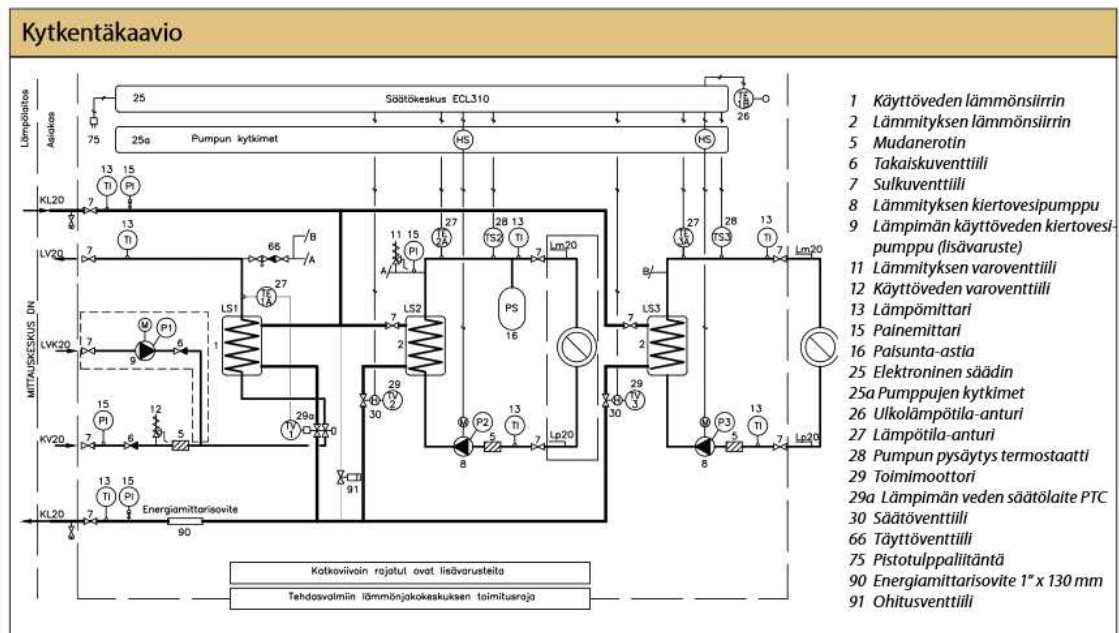
Lämpökeskuksen hinta on 61 600 € ja lämpökeskusrakennuksen rakentaminen maksaa arviolta noin 20 000 €. Nämä muodostavat suurimman kustannuserän järjestelmässä.

3.6 Uudet lämmönjakokeskukset

Asiakkaiden lämmönjakohuoneisiin asennetaan Danfossin lämmönjakokeskukset. Lämmönsiirtimien määrät vaihtelevat tarpeen mukaan, niitä on joko 2 tai 3. Lämmönjakokeskusten kytkentäkaaviot ovat kuvissa 4 ja 5. Lämmönsiirtimien mitoitus tehtiin Danfossin LPM-mitoitusohjelmalla.



KUVA 4. Lämmönjakokeskuksen kytkentäkaavio



KUVA 5. Lämmönjakokeskuksen kytKentäkaavio

Kun lämmönsiirtimet on mitoitettu, tulee valita ja tarkistaa säätöventtiilien soveltuvuus. Tarvittavat tiedot tähän saadaan verkoston mitoituksesta ja Danfoss LPM -mitoitushjelman tuloksista. Liitteessä 14 on esimerkki säätöventtiilin mitoituksesta.

Ensimmäiseksi lasketaan säätöventtiilien mitoituspainero kaavalla 20 (6, s. 15).

$$\Delta p = \Delta p_{ilm} - \Delta p_{siirrin} - \Delta p_{putkisto}$$

KAAVA 20

jossa

Δp = säätöventtiilin mitoituspainero, bar

Δp_{ilm} = lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva painero

$\Delta p_{siirrin}$ = siirtimen painehäviö

$\Delta p_{putkisto}$ = putkiston painehäviö.

Kun tiedetään lämmönsiirtimen ensiöpuolen mitoitusvirtaama ja mitoituspainero, voidaan laskea säätöventtiilin k_v -arvo kaavalla 21 (6, s. 15).

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p}}$$

KAAVA 21

jossa

q_v = lämmönsiirtimen ensiöpuolen mitoitusvirtaama, m³/h.

Tämän jälkeen valitaan k_{vs} -arvoltaan sopivin venttiili. Kaavalla 22 voidaan laskea valitun venttiilin todellinen painehäviö (6, s. 15).

$$\Delta p_{sv} = \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 \quad \text{KAAVA 22}$$

jossa

Δp_{sv} = valitun venttiilin aiheuttama todellinen painehäviö, bar.

Lopuksi lasketaan säätöventtiilin auktoriteetti, jotta nähdään venttiilin toimivuus. Auktoriteetti pyritään saamaan lähelle arvoa 0,5. Tämä voidaan laskea kaavalla 23 (6, s.15).

$$\beta = \frac{\Delta p_{sv}}{\Delta p_{mit}} \quad \text{KAAVA 23}$$

jossa

β = auktoriteetti, -.

Näiden laskujen perusteella voidaan valita järjestelmään sopivimmat 2- tieventtiilit esimerkiksi Danfossilta tai Belimolta.

Jotta asiakkaita voi laskuttaa käytetystä energiasta, asennetaan ensiöpuolelle energiamittari. Tähän sopii esimerkiksi Kamstrup Multical 402 -mittari. Energiamittarin lisäksi ensiöpuoli varustetaan tarvittavilla ilmanpoistoilla ja tyhjennysventtiileillä. Molemmat toteutetaan palloventtiileillä, jotka turvallisuussyistä tulpataan.

4 JÄÄHDYTYS

Siikajärventie 35:ssä on olemassa vanha käyttövesikaivo mitä käytetään nykyään ainoastaan kesällä lähinnä autojen pesuun ja kukkien kasteluun. Porakaivon syvyys on noin 150 m, ja sillä on oma kaivuhuone omakotitalon päässä. Rakennuksessa on nykyään painovoimainen ilmanvaihtomikä muutetaan koneelliseksi tulo- ja poistoilmavaihdoksi remontin yhteydessä. Ilmanvaihtokone sijoitetaan nykyiseen kaivuhuoneeseen ja tilasta tehdään IV-konehuone. IV-koneessa tulee olemaan jäähdytyspatteri missä kiertää maakylmäpiirin neste.

Kohteessa kallio on noin metrin syvyydessä maanpinnasta, joten siihen on varastoitunut lämpöenergiaa kohtuullisesti. Nykyisen käyttövesikaivon muuntamismahdollisuus tulee kuitenkin selvittää porausalan ammattilaisella, jotta tiedetään voiko uuden keruupiirin asentaa nykyiseen kaivoon ilman ongelmia. (11.) Jäähdytystarve on kohteessa varsin pieni, joten keruupiirin ei tarvitse mennä porakaivon pohjalle asti. Rakennuksen jäähdytystarve voidaan laskea kaavalla 24. Liitteessä 10 on jäähdytyspatterin mitoitus.

$$\dot{\Phi} = \dot{\Phi}_{hlö} + \dot{\Phi}_{val} + \dot{\Phi}_{aur} + \dot{\Phi}_{laitteet} - \dot{\Phi}_{iv} \quad \text{KAAVA 24}$$

jossa

$\dot{\Phi}_{hlö}$ = henkilöiden aiheuttama lämpökuorma, kW

$\dot{\Phi}_{val}$ = valaistuksesta aiheutuva lämpökuorma, kW

$\dot{\Phi}_{aur}$ = auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma, kW

$\dot{\Phi}_{laitteet}$ = sähkölaitteista aiheutuva lämpökuorma, kW

$\dot{\Phi}_{iv}$ = ilmanvaihdon jäähdytysteho, kW.

Rakennuksessa henkilöt aiheuttavat lämpökuormaa ja lisäävät näin jäähdytystarvetta. Henkilöiden tuottaman lämpökuorman määrä riippuu henkilöiden koosta ja heidän tekemistään tehtävistä. Henkilöiden tuottama lämpökuorma rakennukseen voidaan laskea kaavalla 25 (4, s. 29).

$$\dot{\Phi}_{hlö} = \frac{kn\dot{\Phi}_{henk}\Delta t_{oleskelu}/1000}{8760} \quad \text{KAAVA 25}$$

jossa

k = henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh

n = henkilöiden lukumäärä, -

$\dot{\Phi}_{henk}$ = yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho, 85 W/henkilö

$\Delta t_{oleskelu}$ = oleskeluaika, h

1000 = kerroin wattituntien muuntamiseen kilowattitunneiksi

8760 = kerroin kilowattituntien muuntamiseen kilowateiksi.

Kaavoissa tarvittavia käyttöaikoja ja lämmönluovutustehoja löytyy taulukosta 1.

TAULUKKO 1. Rakennusten käyttöaikoja ja lämmönluovutustehoja (2, s. 19)

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika ^d	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus	Kuluttajalaitteet	Ihmiset ^a
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 ^{b,c}	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 ^{b,c}	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 ^c	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 ^c	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 ^c	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 ^c	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 ^c	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 ^c	9	8

a ei sisällä kosteuteen sitoutunutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6

b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

c ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, pienempää valaistuksen tehoa voi käyttää, mikäli valaistustaso säilyy ja siitä esitetään erilliselvitys kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti.

d ilmanvaihdon käyntiaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

Henkilöiden oleskeluaika rakennuksessa voidaan laskea kaavalla 26 (4, s. 30).

$$\Delta t_{oleskelu} = \sum t_d t_v \Delta t$$

KAAVA 26

jossa

$\Delta t_{oleskelu}$ = oleskeluaika, h

t_d = rakennuksen keskimääräinen vuorokautinen käyttöaikasuhte, h/24 h

t_v = rakennuksen keskimääräinen viikoittainen käyttöaikasuhte, vrk/7 vrk

Δt = laskentajakson pituus, h.

Henkilöiden aiheuttamaksi lämpökuormaksi saatiin noin 0,15 kW.

Valaistus ja kuluttajalaitteet tuottavat päällä ollessaan lämpöenergiaa joka lisää jäähdytystarpeen määrää. Tässä tapauksessa kuluttajalaitteiden ja valaistuksen tuottamaa lämpöenergiaa ei tiedetä tarkalleen, joten laskuissa käytetään kaavaa 27 (2, s. 19).

$$\emptyset = \frac{kP^{\tau_d \tau_w 8760}}{24 \cdot 7 \cdot 1000}$$

KAAVA 27

jossa

\emptyset = sähkölaitteen aiheuttama lämpökuorma, kW

k = käyttöaste

P = lämpökuorma, W/m²

τ_d = rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa h

τ_w = rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa d

1000 = kerroin joilla tulos muutetaan watit kilowateiksi

8760 = kerroin jolla tulos muutetaan kilowattitunnista kilowateiksi.

Sähkölaitteiden (sisältää valaistuksen) aiheuttamaksi lämpökuormaksi saatiin noin 0,34 kW.

Auringonpaiste lisää huomattavasti jäähdystystarvetta erityisesti keskikesällä. Auringon tuottama lämpöteho on laskettu heinäkuun mukaan, jolloin Suomessa on keskimäärin lämpimintä. Auringon lämmitysteho otetaan laskuissa huomioon ainoastaan ikkunoiden kohdalta. Auringon lämmitysteho saadaan kaavasta 28 (4, s.30).

$$\emptyset_{aur} = \frac{P_{säteily} A_{ikk} F_{läpäisy} G}{1000}$$

KAAVA 28

jossa

\emptyset_{aur} = auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma, kW

$P_{säteily}$ = auringon säteilyteho, W/m²

A_{ikk} = ikkuna-aukon pinta-ala sisältäen karmit, m²

$F_{läpäisy}$ = säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

G = ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin

1000 = kerroin jolla watit muutetaan kilowateiksi.

Koska ikkunarakenteet ja ympäristöt ovat erilaisia, pääsee auringonsäteilyä vaihteleva määrä rakennukseen. Tämän vuoksi tulee laskea $F_{läpäisy}$, jonka saa kaavasta 29 (4, s. 31).

$$F_{läpäisy} = F_{kehä} F_{verho} F_{varjostus}$$

KAAVA 29

jossa

$F_{kehä}$ = kehäkerroin, -

F_{verho} = verhokerroin, -

$F_{\text{varjostus}}$ = varjostusten korjauskerroin, -.

Valoaukon pinta-alan ja ikkuna-aukon pinta-alan suhteella voidaan määrittää $F_{\text{kehä}}$, joka saadaan kaavalla 30 (4, s. 31).

$$F_{\text{kehä}} = \frac{A_{\text{ikk, valoaukko}}}{A_{\text{ikk}}} \quad \text{KAAVA 30}$$

jossa

$F_{\text{kehä}}$ = kehäkerroin, -

$A_{\text{ikk, valoaukko}}$ = ikkunan valoaukon pinta-ala, m²

A_{ikk} = ikkuna-aukon pinta-ala kehys- ja karmirakenteineen, m².

Tässä tapauksessa kehäkertoimenä käytetään arvoa 0,75, koska tarkempaa arvoa ei ole käytettävissä (4, s. 31).

Ikkunoissa olevat verhot ja sälekaihtimet vaikuttavat auringonsäteilyn heijastumiseen ja näin ollen vähentävät sisäilman lämpenemistä. Verhokerroin F_{verho} saadaan taulukosta 2.

TAULUKKO 2. Verhokertoimia (4, s. 32)

Ratkaisu	Verhokerroin
Ei verhoa	1,00
Verhot	0,75
Valkoiset sälekaihtimet lasien välissä	0,30
Valkoiset sälekaihtimet sisäpuolella	0,60
Ikkunaluukut (säleikkö) ulkopuolella	0,30

Auringon lämmitystehoon vaikuttaa myös erityisesti se, onko ikkuna varjossa. Myös ilmansuunnalla on merkitystä. Tässä tapauksessa puita ja muita rakennuksia ei ole lähellä. Varjostusten korjauskerroin saadaan kaavalla 31 (4. s. 32).

$$F_{\text{varjostus}} = F_{\text{ympäristö}} F_{\text{ylävarjostus}} F_{\text{sivuvarjostus}} \quad \text{KAAVA 31}$$

jossa

$F_{\text{varjostus}}$ = varjostusten korjauskerroin, -

$F_{\text{ympäristö}}$ = ympäristön horisontaalisten varjostusten korjauskerroin, -

$F_{\text{ylävarjostus}}$ = ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin, -

$F_{\text{sivuvarjostus}}$ = ikkunan sivuilla olevien pystysuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin, -.

Koska varjostuksia tässä tapauksessa ei ole, käytetään kertoimena 1.

Kokonaissäteilyn läpäisykerroin g lasketaan kaavalla 32 (4, s. 31). $G_{\text{kohtisuora}}$ -arvona käytetään 0,70, sillä ikkunat ovat yksipuitteisia ja kolmilasisia.

$$g = 0,9g_{\text{kohtisuora}} \quad \text{KAAVA 32}$$

jossa

g = ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -

$g_{\text{kohtisuora}}$ = ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin, -. $g_{\text{kohtisuora}}$ saadaan taulukosta 3.

TAULUKKO 3. Ikkunan valoaukon kohtisuora auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin $g_{\text{kohtisuora}}$ (4, s. 31)

Lasitus	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus	0,85
Kaksinkertainen lasitus	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna	0,70
Eristyslasi + erillislasi	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite + erillislasi	0,55

Rakennuksessa ikkunat sijoittuvat kolmelle eri ilmansuunnalle, kaakkoon, lounaaseen ja luoteeseen. Jotta ϕ_{aurinko} voidaan laskea, tulee jokaiselle ilmansuunnalle katsoa auringon kokonaissäteilyenergia taulukosta 4, jonka mitoituspaikkakuntana on Sodankylä. Mitoituskuukautena käytetään heinäkuuta, sillä se on keskimääräisesti lämpimin kuukausi vuodesta. Taulukon arvot tulee jakaa 744 h:lla, jotta yksiköt muuttuvat yksikköön kW/m².

TAULUKKO 4. Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille eri ilmansuuntiin (2, s.32)

Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille eri ilmansuuntiin, G _{säteily, pystypinta} , kWh/m ²								
Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	1,4	1,1	0,7	1,1	1,4	1,1	0,7	1,1
Helmikuu	13,2	10,2	9,4	19,8	27,6	21,0	10,2	10,1
Maaliskuu	38,0	33,2	36,4	57,9	74,6	60,6	38,6	33,5
Huhtikuu	59,0	70,8	100,8	134,9	146,7	127,8	93,7	67,9
Toukokuu	63,8	79,8	97,6	99,5	91,4	91,1	85,9	71,7
Kesäkuu	78,7	90,5	106,7	106,3	101,2	105,9	106,0	89,9
Heinäkuu	69,7	84,0	104,0	111,2	107,9	104,2	94,4	77,4
Elokuu	44,1	50,7	62,8	77,0	84,9	83,4	68,4	52,1
Syyskuu	25,5	31,0	51,8	80,2	92,7	74,5	46,1	28,7
Lokakuu	12,8	10,2	11,8	23,8	31,2	22,8	11,2	10,4
Marraskuu	3,1	2,4	1,8	4,0	5,5	4,2	1,9	2,4
Joulukuu	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Koko vuosi	409,5	464,1	583,9	715,9	765,3	696,8	557,2	445,4

Muunnoskerroin F_{suunta} , jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi eri ilmansuunnissa

Kaavalla 28 auringon tuottamaksi lämpökuormaksi saatiin noin 0,44 kW.

Rakennuksen jäähdytystarpeesta tulee vähentää ilmanvaihdon jäähdytysteho Φ_{iv} . Ilmanvaihdon jäähdytysteho lasketaan kaavalla 33.

$$\Phi_{iv} = \frac{q_{vi} \Delta T \rho C_{pi}}{1000}$$

KAAVA 33

jossa

Φ_{iv} = ilmanvaihdon jäähdytysteho, kW

q_{vi} = ilmapvirtaus, dm³/s

ΔT = ilman lämpötilaero, °C

ρ = ilman tiheys, kg/m³

C_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, kJ/kgK

1000 = kerroin jolla watit muutetaan kilowateiksi.

Ulkoilman lämpötilana käytettiin 25 °C:ta ja sisäänpuhalluslämpötilana 18 °C:ta, kun tarkempaa tietoa ei ole saatavilla (4, s. 22). Tulevaan ilmanvaihtokoneeseen ilmapirran arvioitiin olevan 54 dm³/s. Näillä tiedoilla ilmanvaihdon jäähdytystehoksi saatiin 0,45 kW. Vähentämällä ilmanvaihdon jäähdytysteho lämpökuormista saadaan rakennuksen jäähdytystarpeeksi noin 0,48 kW.

Jäähdytys toteutetaan ilmanvaihtokoneessa olevalla välillisellä jäähdytyspatterilla. Jäähdytyspatterissa kiertää glykolivesiseos, joka jäähtyy porakaivossa. Glykoliseoksen lämpötilaksi oletetaan 2/7, sillä porakaivon lämpötila vaihtelee kevään noin 0 °C:n ja syksyn noin 8 °C:n välillä (11). Ulkoilman lämpötila on 25 °C, ja koska kohde on Lapissa, ulkoilman entalpiana voidaan käyttää 50 kJ/kg (12, s. 6). Jäähdytyspatterin jälkeiseksi lämpötilaksi valitaan 15 °C:ta, jolloin entalpia on 34 kJ/kg. Näillä tiedoilla voidaan laskea maapiirin pumpun virtaama kaavalla 34.

$$q_{vv} = \frac{q_{vi} \rho_i (h_{ulko} - h_{JP\text{ jälkeen}})}{\rho_v c_{pgv} (T_{vp} - T_{vm})} \quad \text{KAAVA 34}$$

jossa

q_{vv} = maapiirin pumpun virtaama, dm³/s

q_{vi} = ilmavirtaus, m³/s

ρ_i = ilman tiheys, kg/m³

h_{ulko} = ulkoilman entalpia, kJ/kg

$h_{JP\text{ jälkeen}}$ = ilman entalpia jäähdytyspatterin jälkeen, kJ/kg

ρ_{gv} = glykolivesiseoksen tiheys, kg/dm³

c_{pgv} = glykolivesiseoksen ominaislämpökapasiteetti, kJ/(kgK)

T_{vp} = glykolivesiseoksen paluulämpötila, K

T_{vm} = glykolivesiseoksen menolämpötila, K.

Näillä tiedoilla maapiirin pumpun virtaamaksi saatiin noin 0,06 dm³/s.

Kun tiedetään ilmavirta, ilman lämpötilat, ilman ominaisentalpiat, glykolivesiseoksen virtaama ja sen lämpötilat, pystytään mitoittamaan jäähdytyspatteri kaavalla 35.

$$\dot{Q}_{JP} = \rho_i q_{vi} (h_{ulko} - h_{JP\text{ jälkeen}}) \quad \text{KAAVA 35}$$

jossa

\dot{Q}_{JP} = jäähdytyspatterin teho, kW

ρ_i = ilman tiheys, kg/m³

q_{vi} = ilmavirtaus, m³/s

h_{ulko} = ulkoilman entalpia, kJ/kg

$h_{JP\text{ jälkeen}}$ = ilman entalpia jäähdytyspatterin jälkeen, kJ/kg.

Jäähdytyspatterin tehoksi saatiin noin 1,037 kW, jolla se jäähdyttäisi huoneilmaa halutun määrän.

5 ENERGIA-YHTIÖN PERUSTAMINEN

Lämpöyrittäjyydessä yrittäjä tai yritys myy paikallisesti tuotettua lämpöenergiaa asiakkaalle sovit-
tuun hintaan (13, s 1). Polttoaineena voi olla hake, pelletti, turve tai jokin vastaava energianlähde
jonka yrittäjä hankkii.

5.1 Yhtiömuoto

Yhtiömuodoksi valitaan osakeyhtiö. Osakeyhtiöt ovat niin sanottuja pääomayhtiöitä. Tämän ansi-
osta osakkeenomistajat vastaavat yhtiön velvoitteista vain sijoittamallaan pääomapanoksella.
Alkuun sijoittajia olisi kaksi, mutta järjestelmää laajennettaessa mukaan voisi liittyä rakennusten
omistajat joille on tehty suunnitelmassa varaus. Osakeyhtiö olisi hyvä myös siinä tapauksessa,
kun omistaja esimerkiksi myy omaisuuttaan pois tai perillinen perii rakennuskantaa. Tällöin osak-
keet ovat helppoja luovuttaa seuraavalle. (14.)

5.1.1 Yhtiön perustaminen

Yhtiön perustamista varten tulee osakkaiden sijoittaa osakepääomaa vähintään 2500 €. Jokaisen
osakkeenomistajan tulee tehdä kirjallinen perustamissopimus ja allekirjoittaa se. Tällöin alkavat
yhtiön tehtävät, johdon jäsenten ja tilintarkastajien toimikausi. (14.)

Perustamissopimuksen lisäksi tulee tehdä yhtiöjärjestys, jossa mainitaan toiminimi, kotipaikka-
kunta ja toimiala. Tässä tapauksessa on perusteltua lisätä myös kohta, jossa nykyisillä osak-
keenomistajilla on etuosto-oikeus osakkeisiin. (14.)

5.1.2 Yhtiön rekisteröinti kaupparekisteriin

Osakeyhtiö saavuttaa itsenäisen oikeushenkilön aseman, kun patentti- ja rekisterihallitus merkit-
see sen kaupparekisteriin (13). Tämä tarkoittaa sitä, että osakeyhtiö voi solmia sopimuksia, omis-
taa varoja tai hankkia velkaa. Vastaavasti osakeyhtiöllä on tällöin vastuita ja se voidaan tuomita
tuomioistuimessa, kuitenkin siten että tuomio vaikuttaisi kehenkään yksittäiseen ihmiseen. (15.)

5.1.3 Päätöksenteko

Osakeyhtiön päätöksentekoon osallistuu kolme toimielintä, yhtiökokous, hallitus ja toimitusjohtaja, joista ensimmäiseksi mainittu on ylin päättävä toimielin.

Yhtiökokoukseen saa osallistua kaikki osakkeenomistajat. Yhtiökokous valitsee yhtiön johdon eli hallituksen. Muita keskeisiä tehtäviä ovat tilinpäätöksen vahvistaminen, siihen liittyvä vastuunvapauden myöntäminen, varainjaosta päättäminen ja liiketoiminnan tai osakekannan rakenteellisista muutoksista päättäminen. (16.)

Hallituksen tehtävänä on johtaa yritystä osakkaiden yhteisen edun mukaisesti. Tässä tapauksessa jos yhtiössä on esimerkiksi kaksi osakasta, molemmat voivat kuulua hallitukseen ja näin hoitaa yhdessä yhtiön asioita. Asioista päätettäessä hallitus pitää hallituksen kokouksen. Jos yhtiöön ei tule toimitusjohtajaa, hallitus vastaa päivittäisestä toiminnasta. (16.)

Toimitusjohtaja ei ole välttämätön yrityksessä, mutta voi helpottaa tehtävien jakamista yhtiön sisällä. Toimitusjohtajan tehtäviä ei ole määritelty laissa, mutta niihin voivat esimerkiksi kuulua erilaiset paperityöt, sopimusneuvottelut ja tulosseuranta. (16.)

5.2 Verotus

Perustettavassa energiayhtiössä verotettavia tulolähteitä olisi todennäköisesti kaksi, elinkeinotulolähde ja henkilökohtainen tulolähde. Jokaisesta näistä verotus lasketaan erikseen. (17.)

Elinkeinotulolähde koostuu lämpöyhtiötoiminnan harjoittamisesta. Tässä tapauksessa se olisi lämpöenergian ja muiden toimintaan liittyvien palveluiden myymistä asiakkaille. Tulevaisuudessa yritys voi saada henkilökohtaista tuloa esimerkiksi siinä tapauksessa, jos yritys omistaa välineistöä, jota vuokrataan kolmannelle osapuolelle. Tällainen vuokrattava välineistö voisi olla esimerkiksi hakettaja.

Jos yhtiössä jaetaan osinkoja, joutuvat osakkaat maksamaan niistä pääomaveroa. Osingot pysyvät hyvin todennäköisesti alle 30 000 €/vuosi, jolloin pääomavero on 30 prosenttia (18).

5.3 Yhtiön omaisuus

Yhtiön omaisuus koostuu aluksi lämpökeskuksesta sekä kaukolämpöjohdoista. Yhtiön omistamat kaukolämpöjohdot rajoittuvat asiakkaan lämmönjakohuoneessa olevaan tehdasvalmisteiseen lämmönjakokeskukseen. Lämpökeskustilat ja tontti vuokrataan osakkaalta.

Myöhemmässä vaiheessa toiminnan vakiinnuttua voi yhtiö investoida esimerkiksi hakekuorma-auton tai haketuskoneen, jonka palveluja voidaan myydä ulkopuolisille. Alkuun lämpökeskuksen hakesiiloa täydennetään vuokratulla pyöräkoneella, mutta myöhemmässä vaiheessa yhtiö voi ostaa oman pyöräkoneen.

5.4 Investointikustannukset lämmitysjärjestelmälle

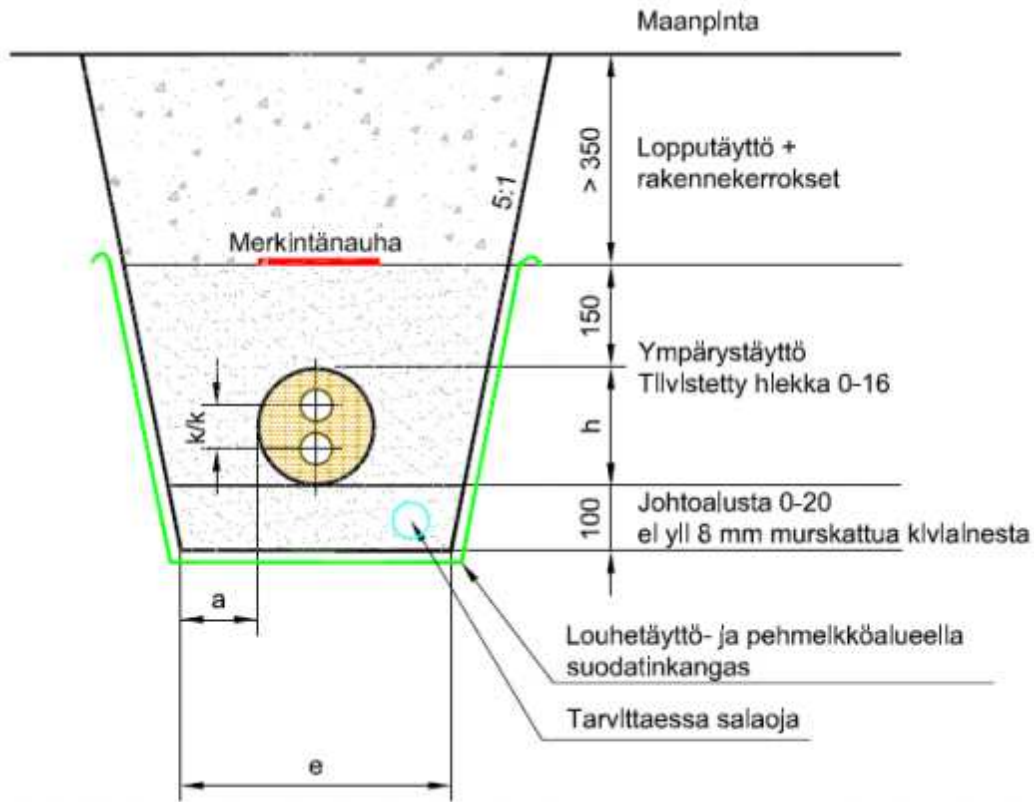
Järjestelmän investointikustannukset tulee laskea mahdollisimman tarkasti, jotta voidaan tarkastella sen kannattavuus ja määrittää energian hinta. Jos tarkastelua ei tehdä hyvin, projekti voi olla tappiollinen.

Lämpöjohtojen materiaalikustannusten, maarakennuksen, putki- ja liitostöiden hinnat on laskettu Energiateollisuus ry:n vuoden 2013 tilastotietojen mukaan. Tilastoista on mietitty järkevä hinta metrille, sillä taulukoissa näkyy keskihinta, alin ja ylin hinta. Erityisesti korkeat hinnat vääristävät keskihintaa huomattavasti.

Järjestelmä toteutetaan kiinnivaahdotetulla kaksiputkisella (Mpuk) lämpöjohdolla. Tällöin samassa kaivannossa saadaan menemään yksi lämpöjohto. Järjestelmässä käytetään neljää eri DN-kokoa välillä DN20–40. DN20:tä käytetään talojohdoissa ja DN40:tä suurimmissa runkojohdoissa.

5.4.1 Maarakennuskustannukset

Siikajärven alue on entistä peltoa, jossa pintamaa on multaperäistä ja kallio noin metrin syvyydessä maanpinnasta. Lämpöjohdot asennetaan lähelle kallionpintaa ilman että sitä louhitaan, jotta vältytään kalliilta louhintakustannuksilta. Lämpöjohtojen päälle tulee tulla täyttöä vähintään 500 mm ja alle vähintään 100 mm. Tämän näkee kuvassa 6. Käytettäessä DN40:tä ja sitä pienempiä lämpöjohtoja kallion ei pitäisi haitata asennusta.



KUVA 6. Mpuk-kaukolämpöjohdon asennus (19, s. 45)

Vuoden 2013 maarakennuskustannukset näkyvät taulukossa 5. Sen perusteella maarakennuskustannuksiksi arvioitiin 45 €/m jokaiselle putkikoolle, sillä koot eivät eroa paljoa toisistaan ja ympäristö on helposti kaivettavaa. Tällä hinnalla ja lämpöjohtojen kokonaispituudella maarakennuskustannusten hinnaksi tulee 7 380 €.

Maarakennus

DN	Kustannukset keskimäärin €/m	Rakennettu m	Laitoksia kpl	Ylin €/m	Alin €/m
20	42	5383	4	68	39
25	70	14802	18	186	25
32	58	209	1	58	58
40	68	17722	21	134	33
50	73	9678	19	220	33
65	73	8971	17	153	35
80	78	9786	17	169	17
100	89	3217	7	145	53
125	111	3881	7	148	57
150	94	955	2	96	93
200	0	0	0	0	0

5.4.2 Materiaalikustannukset

Materiaalikustannuksiltaan kaksiputkiset kaukolämpöjohdot ovat edullisempia kuin yksiputkiset. Taulukossa 6 näkyy vuoden 2013 materiaalikustannukset kaksiputkisille kaukolämpöjohdoille. Materiaalikustannusten arvioitiin kasvavan 5 €/m, kun lämpöjohtokoko suurenee yhden DN-kokoluokan. DN20 -lämpöjohdon arveltiin maksavan 25 €/m ja DN40 -lämpöjohdon 40 €/m.

TAULUKKO 6. Mpuk materiaalikustannukset (20, s.5)

Materiaali

DN	Kustannukset keskimäärin €/m	Rakennettu m	Laitoksia kpl	Ylin €/m	Alin €/m
20	26	5383	4	48	20
25	35	14732	17	56	7
32	13	209	1	13	13
40	32	17658	20	67	18
50	42	9678	19	68	18
65	53	8971	17	78	32
80	56	9586	16	126	18
100	80	3241	8	150	55
125	112	3881	7	246	69
150	122	955	2	165	117
200	0	0	0	0	0

Lämpöjohtojen lisäksi lämmönjakokeskuksiin energiayhtiön hankittavaksi tulee palloventtiileitä, tulppia ja energiamittareita. Laskelmissa lämmönjakokeskuksia on 5 kappaletta ja jokaiseen on laskettu identtinen varustelu. Hintoina on käytetty LVI-Dahlin tukkuhinnaston hintoja. Lisäksi hankintoihin kuuluu ensiöpuolen pumppu, jonka hinta on 909 € ja 1 000 l:n energiavaraaja, joka maksaa 1819 €. Hinnat ovat verottomia ja näkyvät taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Komponenttien kustannukset

	kpl	Hinta/kpl	Yht €
Palloventtiilit	20	49,14	982,8
Tulppa	20	5,12	102,4
1000l Energiavaraaja	1	1819	1819
kamstrup multical 402	5	393,42	1967,1
Kolmeks	1	909	909
			5780,3

Edellä mainituilla hinnoilla lämpöjohtojen materiaalikustannuksiksi tulee 5 310 € ja muiden komponenttien kustannuksiksi tulee 5 780,30 €.

5.4.3 Putki- ja liitostyökustannukset

Työkustannukset kaksiputkisille kaukolämpöjohdoille ovat hieman pienemmät kuin yksiputkisille. Taulukossa 8 näkyy vuoden 2013 tilastot putki- ja liitostöistä. Tutkimuksessa työkustannusten arveltiin kasvavan 5 €/m, kun lämpöjohtokoko suurenee yhden DN-kokoluokan. DN20-lämpöjohdon työkustannusten arvioitiin olevan 35 €/m ja DN40-lämpöjohdon 50 €/m. Edellä mainituilla hinnoilla työkustannuksiksi tulee 6 950€.

TAULUKKO 8. Mputki- ja liitostyökustannukset (20, s. 6)

Putki- ja liitostyöt

DN	Kustannukset keskimäärin €/m	Rakennettu m	Laitoksia kpl	Ylin €/m	Alin €/m
20	46	5383	4	49	15
25	53	14732	17	152	9
32	28	209	1	28	28
40	38	17658	20	94	10
50	45	9678	19	146	11
65	44	8971	17	68	12
80	45	9586	16	126	14
100	49	3241	8	140	16
125	85	3881	7	170	22
150	40	955	2	63	37
200	0	0	0	0	0

5.5 Lämpöyhtiön kannattavuus

Lämpöyhtiön kannattavuuden laskemiseksi laskettiin karkeat käyttö- ja investointikustannukset. Suuntaa hinnoille on saatu vertaamalla hintoja Oulun Energiaan ja sähkön hintatietoina käytettiin Fortumin sekä Oulun Energian hintoja.

Laskelmissa oletettiin, että mukaan liittyy kolme alueella olevaa pihapiiriä. Varausten tuomat tulot eivät siis vaikuta, mutta investointikustannukset otettiin huomioon. Hakkeen hintana käytettiin 24 €/m³ ja noin 1,5 m³:stä haketta saadaan noin 1000 kWh lämpöä (21). Hinta on korkeampi mitä energiyhtiö todellisuudessa siitä maksaisi, koska energiyhtiö hankkisi hakkeen omista metsistä.

Järjestelmän perustamiskustannuksiksi saatiin 107 020,30 €, joka on kertaluontoinen. Mukana on myös varauksiin vaadittavat investoinnit. Perustamiskustannusten lisäksi laskettiin vuotuiset tulot ja menot. Menoihin otettiin ensiöpuolen pumpun sähkönkulutus, muu lämpökeskuksen sähkönkulutus, sähkön perusmaksu, kunnossapito, polttoaineen käsittely sekä hakkeen hankinta. Vuotuisiksi menoiksi muodostui 10 753,50 €. Tuloiksi laskettiin liittymämaksu, vuosittainen perusmaksu sekä lämpöenergian myynti. Liittymähinnaksi valittiin 2 500 € ja vuosittaiseksi perusmaksuksi 350 €. Kymmenen vuoden aikana edellä mainitut maksut tuovat yhtiölle 18 000 €.

Vähentämällä kymmenen vuoden aikana tulevat tulot menoista saadaan tulokseksi 195 027,34 €. Rakennusten vuotuinen lämmöntarve on 444 501 kWh, kun mukaan ei oteta varauksia. Tästä voidaan laskea vähimmäiskilowattitunnin hinta, jotta järjestelmä maksaa itsensä takaisin kymmenessä vuodessa. Kilowattitunnin hinnaksi muodostuu näillä arvoilla 0,044 €/kWh. Jos kymmenen vuoden jälkeen alueelle rakennetaan olemassa olevat varaukset ja hinta on 46,00 €/MWh, järjestelmä on edelleen edullisempi kuin Oulun Energian kaukolämpö niin energiamaksuiltaan, liittymämaksuiltaan kuin perusmaksuiltaan. Tällöin energiayhtiö tuottaa noin 17 000 €/vuosi. Liitteessä 16 on laskettu järjestelmän kannattavuus.

6 YHTEENVETO

Työssä suunniteltiin kaukolämpöjärjestelmä kuuteen rakennukseen ja tehtiin varaus kahdelle omakotitalotontille. Tämän lisäksi suunniteltiin jäähdytysjärjestelmä yhteen omakotaloon. Suunnittelussa laskettiin kustannukset kyseiselle järjestelmälle ja pohdittiin energiyhtiön perustamista.

Järjestelmä mitoitettiin käyttämällä Suomen rakentamismääräyskokoelmia ja Energiateollisuus ry:n julkaisua K1. Mitoitusten perusteella tehtiin laitevalinnat valmiille paketeille, niin lämpökeskukseen kuin lämmönjakokeskuksiin. Lämpökeskuksen toimittajaksi valittiin Biofire Oy, joka toimittaa lämpökeskuksen asennettuna ja säädettynä kohteeseen. Lämpökeskuksen vaatima rakennus rakennetaan omana työnä teollisuushallin kylkeen. Lämmönjakokeskuspaketit tilataan Oy Danfoss Ab:lta.

Kertaluontoisiksi investointikustannuksiksi tuli noin 107 000 €. Vuotuiset kustannukset ovat noin 10 700 € ja ne sisältävät huoltokulut, hakkeen ja sen käsittelyn sekä sähkön. Rakennusten energiatarpeen ja hakkeen tonnihinnan perusteella laskettiin kilowattituntihinta, jolla järjestelmä maksaa itsensä takaisin kymmenessä vuodessa. Laskelmissa huomioitiin myös asiakkaiden liittymismaksu ja vuosittainen perusmaksu. Laskelmien perusteella järjestelmä on asiakkaille edullisempi kuin esimerkiksi Oulun Energia niin kilowattituntihinnaltaan, liittymismaksultaan kuin vuosittaiselta perusmaksultaan.

Koska alueen rakennuskannassa on tulossa peruskorjauksia, on kaukolämpöjärjestelmään investointi varteenotettava ratkaisu. Järjestelmä tuottaisi asiakkailleen kohtuuhintaista energiaa ja olisi huolettomampi lämmitysmuoto kuin nykyiset asiakkaiden lämmitysjärjestelmät.

LÄHTEET

1. C4 (2003). 2002. Lämmöneristys. Ohjeet 2003. C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>. Hakupäivä 16.2.2015.
2. D3 (2012). 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2011. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 13.2.2015.
3. Uima-allas – lämmittimet. Allas.fi Saatavissa: http://www.allas.fi/uima-allas_lammitin.php. Hakupäivä 14.2.2015.
4. D5 (2012). 2013. Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468. Hakupäivä 17.2.2015.
5. Vedenkulutus. 2015. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus. Hakupäivä 17.2.2015.
6. K1/2013. 2014. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. 2013. Energiateollisuus. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1_2013_20140509.pdf. Hakupäivä 17.2.2015.
7. Mäkelä, Veli-Matti. 2015. Kaukolämmitys. Luentomateriaali. Kaukolämmityksen luento keväällä 2015 Oulun Ammattikorkeakoulussa.
8. Mäkelä, Veli-Matti – Tuunanen, Jarno 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Kaukolämmityksen opintomateriaali intrasta (vaatii käyttöoikeudet). Hakupäivä 28.3.2015.
9. Moodyn käyrästä. Saatavissa: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/80/Moody_diagram.jpg. Hakupäivä 28.3.2015.
10. Tankopurkainjärjestelmän tarjouspyyntö. 2.4.2015. Laatiija Biofire Oy. Tilaaja Mikko Pitkänen.
11. Maakylmä- Technibel Konvektorit. 2014. Onninen Oy. Saatavissa: http://onninen.procus.fi/documents/original/13687/7/1/Maakylma_esite_CS4%20-%202014.pdf. Hakupäivä 30.3.2015.

- 12.D2 (2012). 2011. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 30.3.2015
- 13.Maalämpökaivot. 2014. Lähdeporaus Oy. Saatavissa: <http://www.lahdeporaus.fi/maalampokaivot>. Hakupäivä 17.2.2015.
- 14.Osakeyhtiön perustamistoimet ja yhtiömuodon sääntely. 2014. Suomen Yrittäjät. Saatavissa: <http://www.yrittajat.fi/fi-FI/minustakoyrittaja/perustamistoimet/osakeyhtio/>. Hakupäivä 29.3.2015.
- 15.Oikeushenkilö – Mitä tarkoittaa Oikeushenkilö. 2015. E-conomic Suomi. Saatavissa: <https://www.e-conomic.fi/kirjanpito-ohjelma/sanakirja/oikeushenkilo>. Hakupäivä 29.3.2015.
- 16.Osakeyhtiön hallinto. 2003. Jouni Heikniemi. Saatavissa: <http://www.heikniemi.fi/kirj/jur/kauppa/oyha.html>. Hakupäivä 29.3.2015.
- 17.Tuloverotus – osakeyhtiö ja osuuskunta. 2015. Verohallinto. Saatavissa: http://www.vero.fi/fi-FI/Yritys_ja_yhteisoasiakkaat/Osakeyhtio_ja_osuuskunta/Tuloverotus. Hakupäivä 29.3.2015.
- 18.Henkilöverotuksen lakimuutoksia vuodelle 2015. 2015. Verohallinto. Saatavissa: http://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat_veroohjeet/Henkiloasiakkaan_tuloverotus/Paaomatulot/Henkiloverotuksen_laki_muutoksia_vuodelle%2836120%29. Hakupäivä 29.3.2015.
- 19.Suositus L11/2013. Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet. 2013. Energiateollisuus. Saatavissa: energia.fi/sites/default/files/suositusl11_2013_kl-johtojen_suunnittelu_ja_rakentamisohjeet.doc. Hakupäivä 29.3.2015.
- 20.Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2013. 2014. Energiateollisuus. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/images/johtorakennuskustannukset_2013.pdf. Hakupäivä 29.3.2015.
- 21.Hinnasto. 2014. Kojonkulman Hake Oy. Saatavissa: <http://www.hake.fi/hinnasto/>. Hakupäivä 7.4.2015.

LIITTEET

Liite 1 Siikajärventie 27 halli pohjakuva

Liite 2 Siikajärventie 35 omakotitalo pohjakuva

Liite 3 Siikajärventie 35 autotalli pohjakuva

Liite 4 Siikajärventie 35 piharakennus pohjakuva

Liite 5 Siikajärventie 42 omakotitalo 1. krs pohjakuva

Liite 6 Siikajärventie 42 omakotitalo 2. krs pohjakuva

Liite 7 Siikajärventie 42 autotalli pohjakuva

Liite 8 Esimerkki U-arvon laskennasta

Liite 9 Esimerkki energiantarpeen laskennasta

Liite 10 Jäähdytyspatterin mitoitus

Liite 11 Mpuk- putket asemapiirroksessa

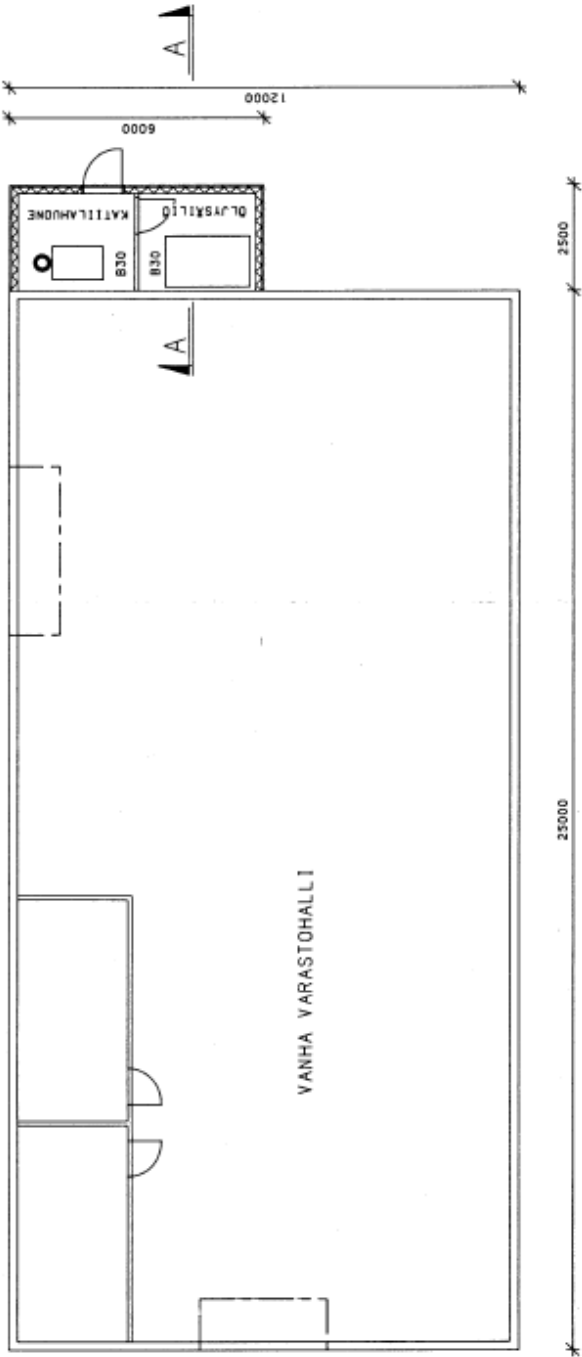
Liite 12 Verkoston mitoitus

Liite 13 Esimerkki verkoston mitoituksesta

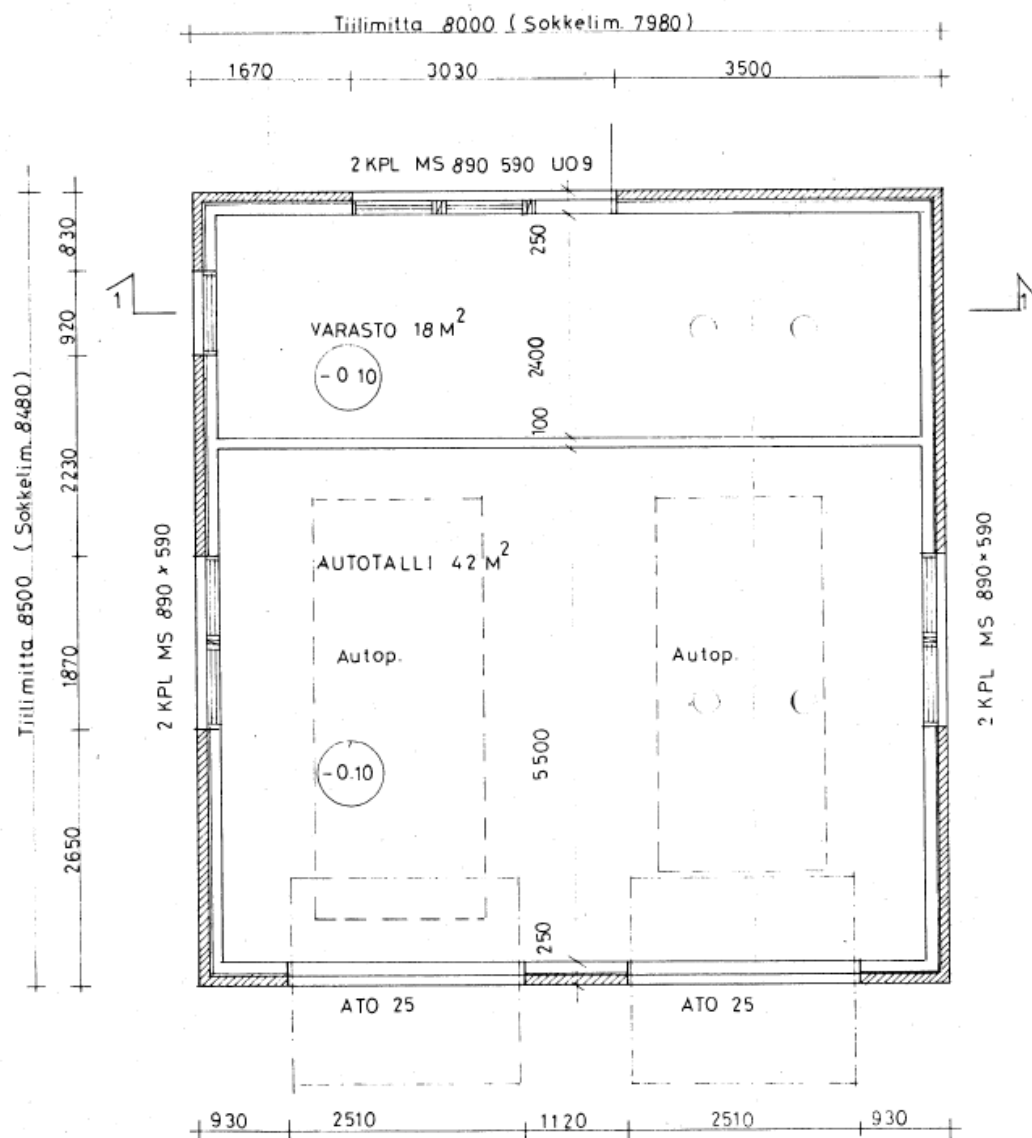
Liite 14 Esimerkki 2tv mitoituksesta

Liite 15 Kaukolämmön ensiöpuolen pumppu

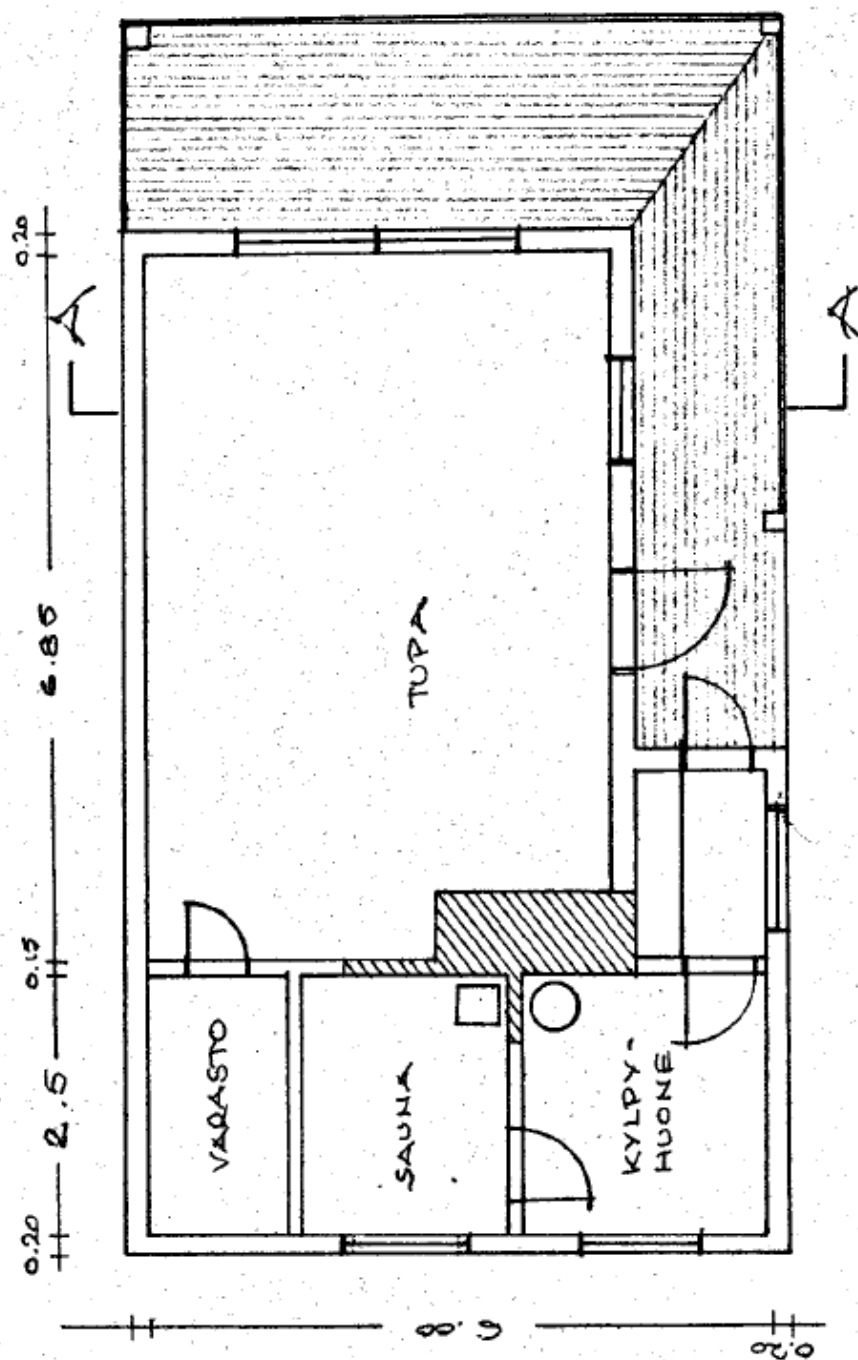
Liite 16 Kannattavuuden laskeminen

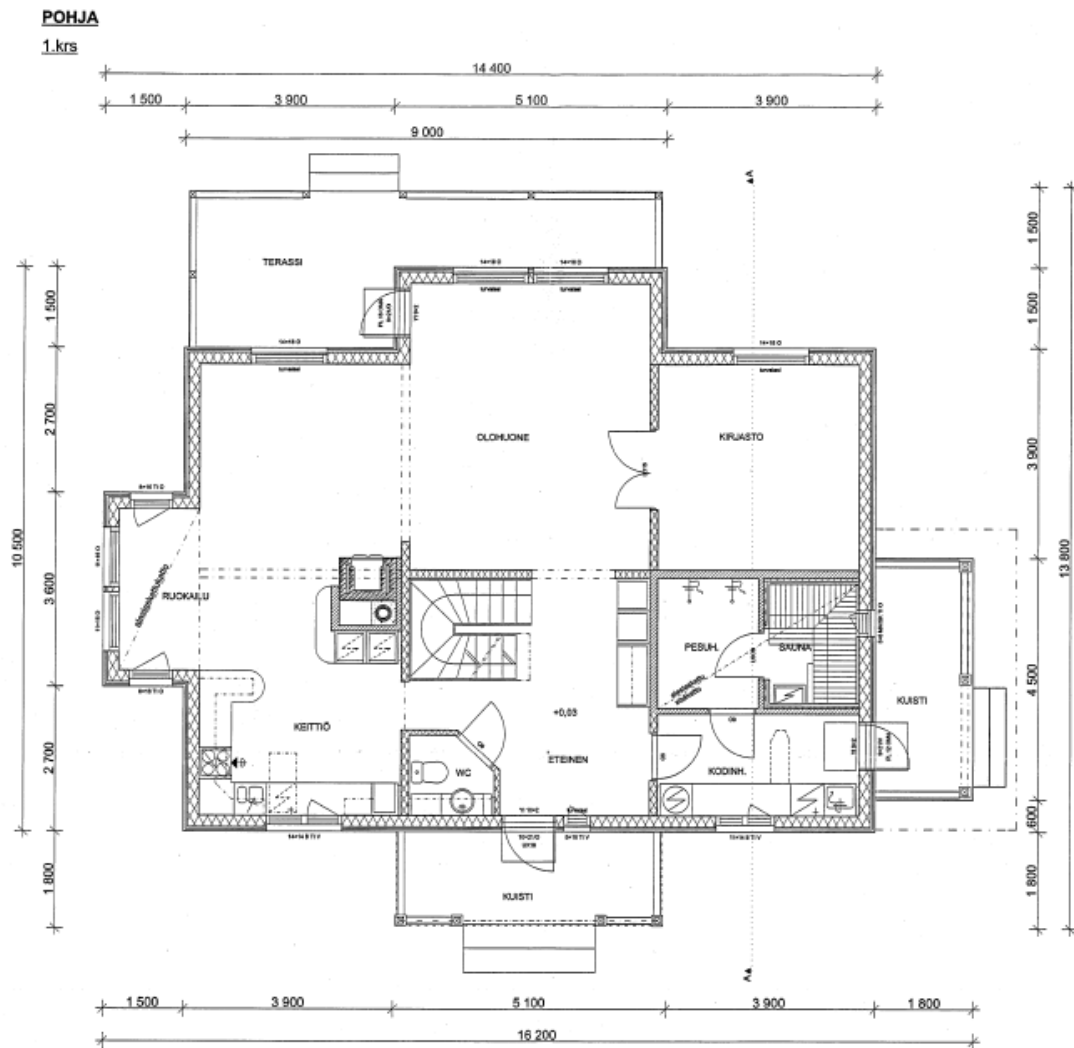


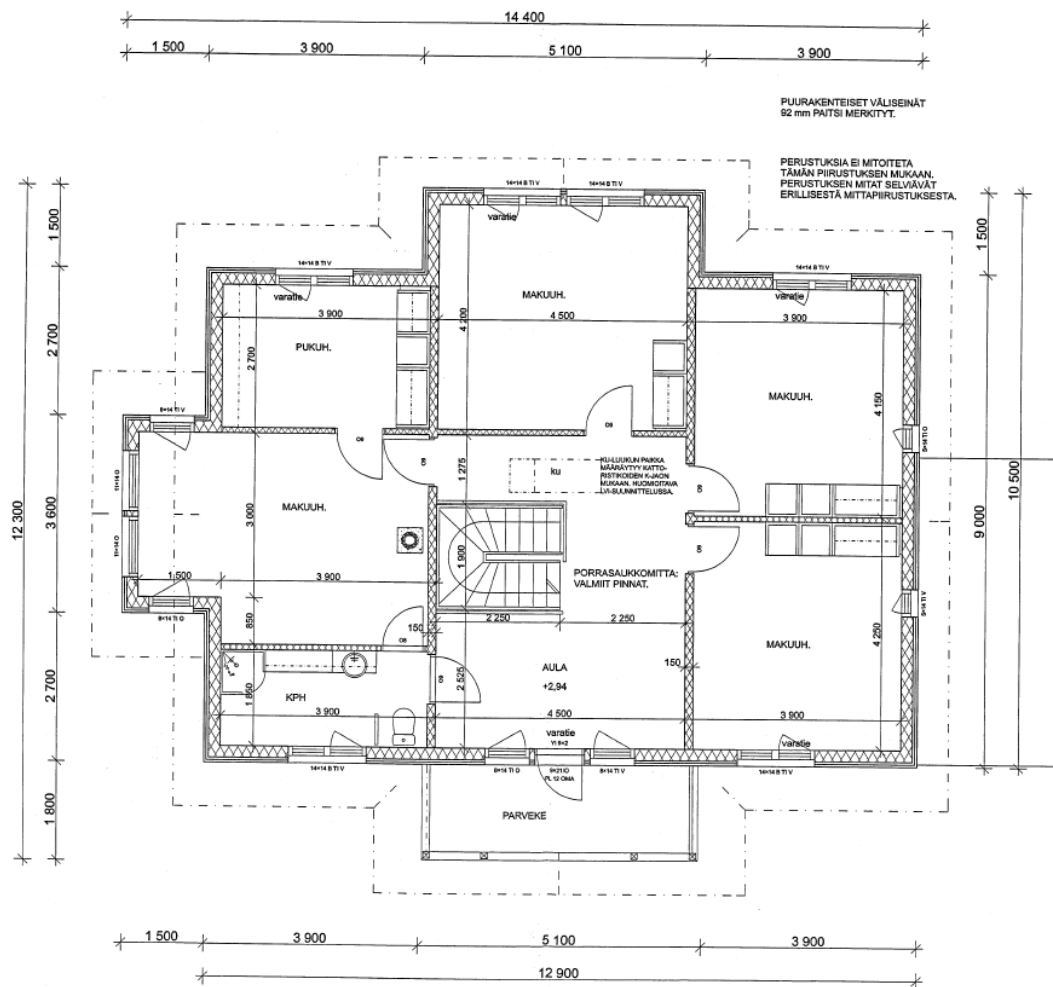
LAAJENNUS:
 KERROSALA 15 M2
 TILAVUUS 45 M3

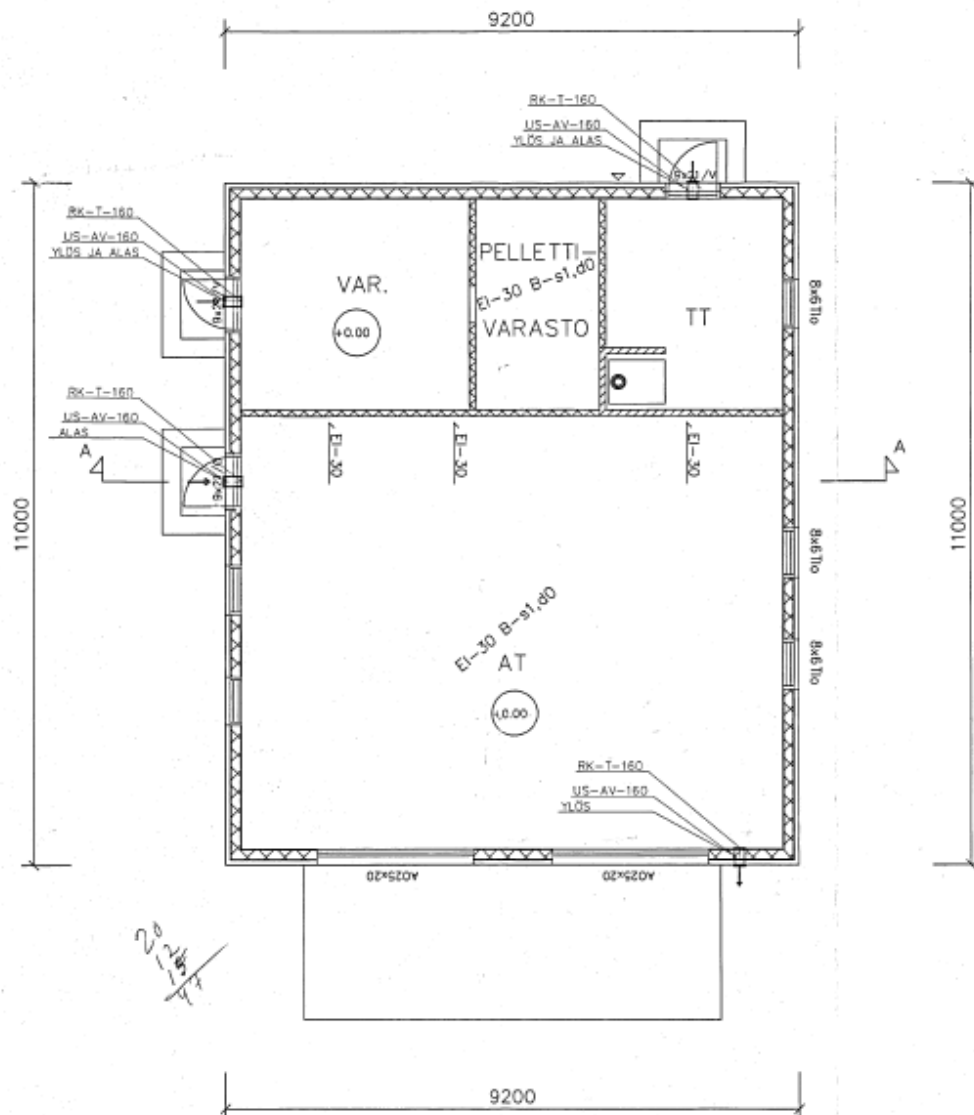


Pohja





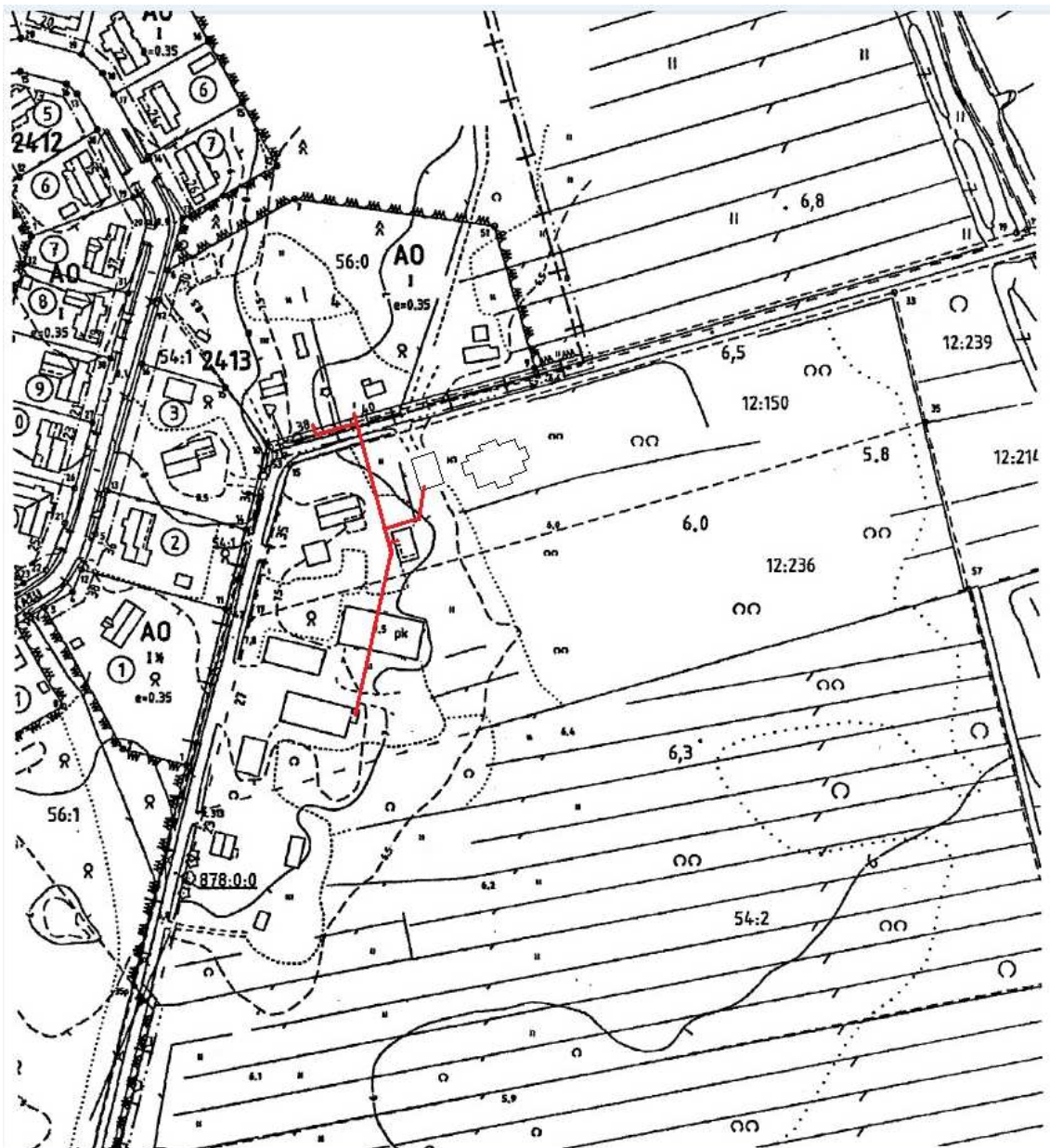




[illegible]

Sikajärventie 35 Omakotitalo	Rakenne	U-arvo W/m ² °C	Ala _{netto} m ²	Tilavuus m ³	Lämpö _{sisä} °C	Lämpö _{ulko} °C	q _{ulkoiv} l/s	q _{vuotoiv} l/s	Tsp °C	ϕ _{pht} W	ϕ _{iv.vuoto} W	ϕ _{iv.tulo} W	ϕ _{NH-lisä} W	ϕ _{int} W	Lämmin käyttövesi W
	Ulkoseinä	0,3	97,7		21	-38				1730					364,5833
	Yläpohja	0,16	129,2		21	-38				1220					
	Alapohja	0,18	129,2		21	-38	2			442					
	Ikkunat	1,8	23,9		21	-38				2538					
	Ulkio-ovet	1,4	5,5		21	-38				451					
	IV			323	21	-38	54		15			389			
	IV vuoto				21	-38		12,23771			866				
	NH-lisä												1527	9163	9528 W
															kaikki yht.
Autotalli															
	Ulkoseinä	0,40	60,87		15	-38				1304					
	Yläpohja	0,26	68,00		15	-38				933					
	Alapohja	0,47	68,00		15	-38	2			420					
	Ikkunat	1,80	3,15		15	-38				301					
	Ulkio-ovet	1,80	11,88		15	-38				1133					
	IV vuoto			156,4	15	-38		6,726984			428				
	NH-lisä												904	5422	
Piharakennus	Ulkoseinä	0,32	107,775		21	-38				2025					243,0556
	Yläpohja	0,26	55,86		21	-38				843					
	Alapohja	0,18	30,83		21	-38	2			108					
	Ikkunat	1,80	6,125		21	-38				650					
	Ulkio-ovet	1,40	3,6		21	-38				297					
	Kellarin seinät	0,36	39,9		21	-38				854					
	Kellarin ikkunat	1,80	0,5		21	-38				53					
	Kellarin alapohja	0,23	25,38		21	-38	2			110					
	IV vuoto			190,41	21	-38		12,49861			885				
	NH-lisä												1165,221	6991	7234 W

Rakennuksen jäähdytystarve							
\dot{Q}	=	0,47843 kW					
Porakaivon glykoliseoksen lämpötila			2 /		7 °C		
JP Pintalämpötila		4,5 °C					
q_{vi}	0,054 m ³ /s						
T_{ulko}	25 °C						
$T_{jppälkeen}$	15 °C						
h_{ulko}	50 kJ/kg						
$h_{jppälkeen}$	34 kJ/kg						
ρ_i	1,2 kg/m ³						
ρ_v	1,077 kg/dm ³						
c_{pv}	3,3 kJ/kgK						
q_{vv}	0,058344 dm ³ /s	(Maapiirin pumpun virtaama)					
Jäähdytyspatterin teho näillä tiedoilla							
	1,0368 kW						

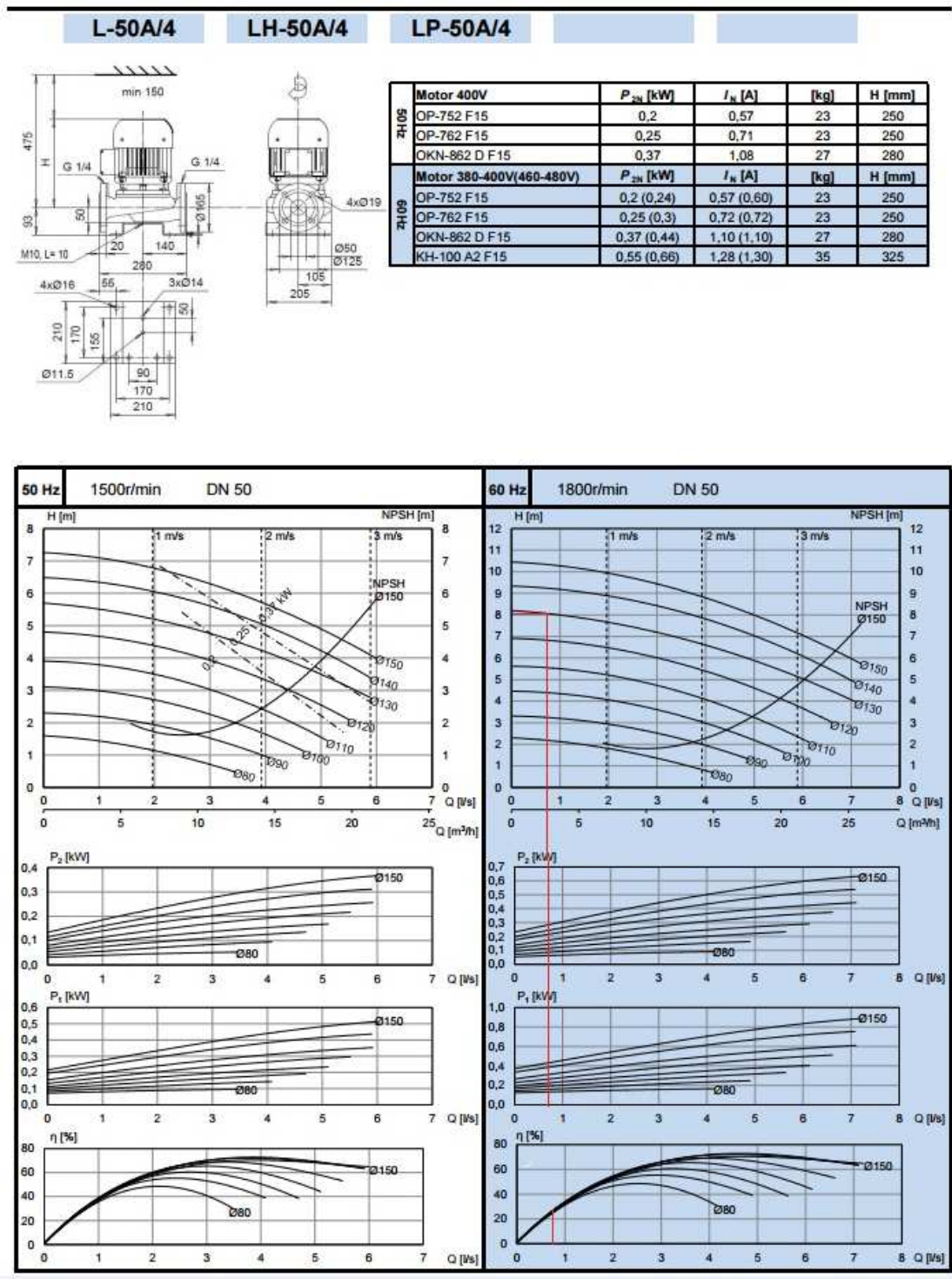


	øL	øLKV	qVL	ΔTL	qVLKV	ΔTLKV	qVT	vmit	dtod	DN	Pituus	ΔP
	kW	kW	dm3/s	°C	dm3/s	°C	dm3/s	m/s	m	Mpuk	m	Pa
1	17,5	17,5	0	0	0	0	0,19494	1	0,015755	20	10	2253,4
2	35	35	0	0	0	0	0,313939	1	0,02228	25	41	5748,512
3	63,86482	63,86482	0	0	0	0	0,492684	1	0,028066	32	6	528,6325
4	85,44097	85,44097	0	0	0	0	0,615041	1	0,032424	40	61	4487,73
5	108,675	108,675	0	0	0	0	0,72654	1	0,036522	40	2	197,99
6	17,5	17,5	57	0,052083	80	0,142857	0,19494	1	0,015755	20	10	1150,173
7	17,5	17,5	57	0,052083	80	0,142857	0,19494	1	0,015755	20	10	1314,483
8	28,86482	28,86482	57	0,11	63,5	0,142857	0,252857	1	0,017067	20	20	4284,925
9	21,57615	21,57615	57	0,07	80	0,142857	0,212857	1	0,016237	20	3	470,1633
10	23,234	23,234	57	0,07	70	0,142857	0,212857	1	0,016808	20	1	151,8236

Putki5									
DN40									
Poikkipinta-ala	=	0,001459	m ²						
virtausnopeus	=	0,497983	m/s						
Reynolds	=	2,38E+04							
Suhteellinen karheus	=	9,28E-04							
λ	=	0,027							
L _{ekv}	=	0,0022	km	2,2	m	=	0,002	*	1,1
ΔP	=	197,99	Pa	=	0,00198	bar			
Putken painehäviö/km	=	0,98995	bar/km						

ESIMERKKI 2TV MITOITUKSESTA
LIITE 14

	8 mH2O			K1 sanoo että mitoituspaine-ero tulee olla vähintään 60kPa,	
	0,72 l/s			joten nostokorkeus pumpulla tulee olla vähintään 7,5mH2O	
	Kolmeks L-50A/4				
	H	8 m			
	Q	0,72 l/s			
	Juoksup	130			
	teho	0,22 kW			
	hyötysuhd	35 %			
		60 Hz			
Siikajärventie 27					
Käyttövesi			Lämmitys		
V _{l,e}	0,28 l/s	1,008 m ³ /h		0,07 l/s	0,252 m ³ /h
Δp _{ilm}	80 kPa			80 kPa	
Δp _{siirrin}	10 kPa			1 kPa	
Δp _{putkisto}	5 kPa			5 kPa	
Säätöventtiilin mitoituspaine-ero					
Δp	65 kPa	0,65 bar		Δp	74 kPa 0,74 bar
säätöventtiilin k _v arvo			säätöventtiilin k _v arvo		
k _v	1,25027			k _v	0,292944
	1,6			0,4	
Δp _{sv}	0,3969 bar	39,69 kPa		Δp _{sv}	0,3969 bar 39,69 kPa
Auktoriteetti			Auktoriteetti		
β	0,50			β	0,50
ok				ok	



KANNATTAVUUDEN LASKEMINEN

[illegible]